

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE GRASA POR ACEITE DE SACHA INCHI
(*Plukenetia volubilis* L.) Y HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca* L.)
VARIEDAD INGUIRI SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA, RENDIMIENTO DE
COCCIÓN, ÍNDICE DE PERÓXIDOS, COLOR, FIRMEZA Y ACEPTABILIDAD
GENERAL DE HAMBURGUESA DE CARNE DE VACUNO (*Bos taurus*)

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CHRISTINA KIOOMI LOÚ RAMOS

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos
PRESIDENTE

Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta
SECRETARIO

Ing. Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna
VOCAL

Ing. Ms. Elena Urraca Vergara
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen de la Puerta y San Judas Tadeo

Por iluminarme e ir de la mano conmigo a lo largo de estos cinco años de estudio, que si bien es cierto, atravesé momentos arduos, sentí su fortaleza en todo momento.

A mis madres Jacqueline y Marthita

Porque sin su amor, apoyo y sacrificio hoy no pudiera ser nadie en la vida. Gracias por no abandonarme nunca y alentarme en lograr cada meta trazada. Las amo mucho.

A mi hermano Hichiro, mi tío Wiston y abuelita Margarita

Gracias hermano por ser una persona comprensiva y cariñosa conmigo. Gracias tío por ser una gran figura paterna y darme tus consejos para afrontar la vida. Gracias abuelita por interceder por mí desde el cielo.

A Marlon Leyva

Gracias por tu cariño, apoyo y palabras exactas que me motivaron a perseverar en la ejecución de la tesis.

AGRADECIMIENTO

A Ms. Elena Urraca Vergara, asesora de la presente tesis de investigación, por brindarme su apoyo durante toda la investigación. Gracias por ser una excelente docente.

A la familia de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por apoyarme durante el desarrollo de la tesis y aceptar ser panelistas en las pruebas de aceptabilidad general.

Al Ing. Jesús Obregón, por su didáctica y apoyo en el análisis estadístico del presente trabajo de investigación. Gracias por su paciencia y disposición de ayudar.

A los miembros del jurado Dr. Fernando Rodríguez Avalos, Ms. Luis Márquez Villacorta y Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna.

INDICE GENERAL

CARATULA.....	i
APROBACION POR JURADO DE TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA.....	4
2.1. Sacha Inchi.....	4
2.1.1. Generalidades de sachá inchi	4
2.1.2. Distribución y hábitat	5
2.1.3. Aceite.....	5
2.1.4. Propiedades nutricionales del aceite	5
2.2. Plátano	7
2.2.1. Generalidades de plátano.....	7
2.2.2. Diferencias entre banano y plátano	7
2.2.3. Características botánicas	8
2.2.4. Importancia económica y distribución geográfica del plátano.....	8
2.2.5. Valor nutritivo y propiedades funcionales del plátano.....	9
2.2.6. Harina de plátano	10
2.3. Hamburguesa.....	11
2.3.1. Definición y generalidades.....	11
2.3.2. Características nutricionales de la hamburguesa	12
2.3.3. Ingredientes utilizados en la elaboración de hamburguesa	15
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Lugar de ejecución	18

3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. Materia prima.....	18
3.2.2. Ingredientes.....	18
3.2.3. Equipos.....	19
3.2.4. Reactivos.....	19
3.2.5. Materiales	19
3.3. Metodología	19
3.3.1. Esquema experimental.....	19
3.3.2. Diagrama y procedimiento para la elaboración de harina de plátano.....	24
3.3.3. Procedimiento para elaboración de hamburguesas de carne de carne de vacuno con aceite de sachá inchi harina de plátano.	25
3.3.4. Métodos de análisis.....	27
3.3.4.1. Grasa	27
3.3.4.2. Rendimiento de cocción (RC)	28
3.3.4.3. Índice de peróxidos	29
3.3.4.4. Color	30
3.3.4.5. Firmeza	30
3.3.4.6. Aceptabilidad general.....	31
3.3.5. Métodos estadísticos	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el contenido de grasa en hamburguesa de carne de vacuno.....	34
4.2. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el rendimiento de cocción en hamburguesa de carne de vacuno.....	38
4.3. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el índice de peróxidos en hamburguesa de vacuno.....	42

4.4. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el color en hamburguesa cruda de carne de vacuno.....	47
4.5. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el color en hamburguesa cocida de carne de vacuno.....	57
4.6. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre la firmeza en hamburguesa cruda de carne de vacuno.....	66
4.7. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre la firmeza en hamburguesa cocida de carne de vacuno.....	70
4.8. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre la aceptabilidad general en hamburguesa cocida de carne de vacuno.....	74
V. CONCLUSIONES.....	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. BIBLIOGRAFIA	80
VIII. ANEXOS	89

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de ácidos grasos en semillas oleaginosas (valores aproximados)	6
Cuadro 2. Composición nutricional del plátano	10
Cuadro 3. Composición nutricional de harina de plátano	11
Cuadro 4. Composición química de la hamburguesa cruda	13
Cuadro 5. Requisitos bromatológicos para hamburguesa	13
Cuadro 6. Requisitos microbiológicos para hamburguesa.....	14
Cuadro 7. Composición química de la carne de vacuno.....	15
Cuadro 8. Formulaciones usadas en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno	21
Cuadro 9. Prueba de Levene para los valores de contenido de grasa en hamburguesa cocida	36
Cuadro 10. Análisis de varianza para los valores de contenido de grasa en hamburguesa cocida.....	36
Cuadro 11. Prueba de Duncan para los valores de contenido de grasa para hamburguesa cocida	37
Cuadro 12. Prueba de Levene para los valores de rendimiento de cocción para hamburguesa.....	40
Cuadro 13. Análisis de varianza para los valores de rendimiento de cocción en hamburguesa.....	40
Cuadro 14. Prueba de Duncan para los valores de rendimiento de cocción para hamburguesa.....	41
Cuadro 15. Prueba de Levene para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida.....	45
Cuadro 16. Análisis de varianza para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida.....	45
Cuadro 17. Prueba de Duncan para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida.....	46
Cuadro 18. Prueba de Levene para los valores de color en hamburguesa	

cruda.....	52
Cuadro 19. Análisis de varianza para los valores de color en hamburguesa cruda.....	53
Cuadro 20. Prueba de Duncan para los valores de L* de hamburguesa cruda.....	54
Cuadro 21. Prueba de Duncan para los valores de a* de hamburguesa cruda.....	55
Cuadro 22. Prueba de Duncan para los valores de b* de hamburguesa cruda.....	56
Cuadro 23. Prueba de Levene para los valores de color en hamburguesa cocida	61
Cuadro 24. Análisis de varianza para los valores de color en hamburguesa cocida.....	62
Cuadro 25. Prueba de Duncan para los valores de L* de hamburguesa cocida	63
Cuadro 26. Prueba de Duncan para los valores de a* de hamburguesa cocida	64
Cuadro 27. Prueba de Duncan para los valores de b* de hamburguesa cocida	65
Cuadro 28. Prueba de Levene para los valores de firmeza de hamburguesa cruda.....	67
Cuadro 29. Análisis de varianza para los valores de firmeza en hamburguesa cruda.....	68
Cuadro 30. Prueba de Duncan para los valores de firmeza de hamburguesa cruda.....	69
Cuadro 31. Prueba de Levene para los valores de firmeza en hamburguesa cocida.....	71
Cuadro 32. Análisis de varianza para los valores de firmeza en hamburguesa cocida.....	72
Cuadro 33. Prueba de Duncan para los valores de firmeza de hamburguesa cocida.....	73

Cuadro 34. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en hamburguesa de carne de vacuno	75
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de hamburguesa de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano ...	20
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de harina de plátano.....	22
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano	25
Figura 4. Cartilla de evaluación para la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano	32
Figura 5. Contenido de grasa en hamburguesa cocida	34
Figura 6. Rendimiento de cocción en hamburguesa.....	38
Figura 7. Índice de peróxidos en hamburguesa cocida	42
Figura 8. Valores de L* en hamburguesa cruda	48
Figura 9. Valores de a* en hamburguesa cruda	49
Figura 10. Valores de b* en hamburguesa cruda	51
Figura 11. Valores de L* en hamburguesa cocida.....	57
Figura 12. Valores de a* en hamburguesa cocida	58
Figura 13. Valores de b* en hamburguesa cocida.....	60
Figura 14. Firmeza en hamburguesa cruda.....	66
Figura 15. Firmeza en hamburguesa cocida	70
Figura 16. Rango promedio de la prueba de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno.....	74

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos experimentales de color y firmeza en hamburguesas de carne de vacuno crudas.....	89
Anexo 2. Datos experimentales de contenido de grasa, rendimiento de cocción, índice de peróxidos y firmeza en hamburguesas de carne de vacuno cocidas	91
Anexo 3. Datos experimentales de color en hamburguesas de carne de vacuno cocidas	93
Anexo 4. Aceptabilidad general de las hamburguesas de carne de vacuno.	95
Anexo 5. Fotografías de la preparación y análisis fisicoquímico de hamburguesa de carne de vacuno	96

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (5, 7.5 y 10%) y harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) (2, 4 y 6%) variedad Inguiri sobre el contenido de grasa, el rendimiento de cocción, el índice de peróxidos, el color, la firmeza y aceptabilidad general de hamburguesa de carne de vacuno. Se analizó el contenido de grasa e índice de peróxidos en hamburguesa cruda; el color y firmeza en hamburguesa cruda y cocida; rendimiento de cocción y aceptabilidad general en hamburguesa cocida.

El análisis de varianza determinó efecto significativo ($p < 0.05$) de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el contenido de grasa e índice de peróxidos en hamburguesa cocida y el valor de b^* en hamburguesa cruda de carne de vacuno.

El tratamiento con 10% y 6% de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano, respectivamente, permitió obtener el mayor rendimiento de cocción (96.5%), menor contenido de grasa (14.75%) y mejor firmeza (3.04 N) en hamburguesa cocida. El tratamiento de aceite de sachá inchi al 5% y de harina de plátano al 2%, permitió obtener el menor índice de peróxidos (12.12 meq O_2 / kg) en hamburguesa cocida; mejores valores de L^* , a^* y b^* en hamburguesa cruda (58.05 L^* , 4.17 a^* y 13.02 b^* , respectivamente); mejores valores de L^* y b^* (39.13 L^* y 12.84 b^* , respectivamente) en hamburguesa cocida; y el mejor valor de firmeza (0.71 N) en hamburguesa cruda. El tratamiento de aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 4% presentó el mejor valor de a^* (5.88 a^*) en hamburguesa cocida. Con respecto a aceptabilidad general, se empleó la prueba estadística de Friedman, la cual no mostró diferencia significativa ($p > 0.05$). La sustitución de grasa por 10% de aceite de sachá inchi y 6% de harina de plátano, presentó mayor aceptabilidad general con un valor de rango promedio de 6.22 y una moda estadística de 7 puntos, que corresponde a una percepción de “me agrada moderadamente”.

ABSTRACT

The present study was aimed to determine the effect of replacing fat by sachu inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) (5, 7.5 and 10%) and banana flour (*Musa paradisiaca* L.) (2, 4 and 6%) Inguiri variety on the fat content, cooking yield, peroxide value, color, firmness and general acceptability of beef patties was evaluated. The analysis of variance showed significant effect ($p < 0.05$) of the replacement of fat by sachu inchi oil and banana flour on fat content, peroxide value and b^* value in raw beef patties.

The treatment with 10% and 6% of fat replacement by sachu inchi oil and banana flour respectively, allowed to get the highest cooking yield (96.5%); lowest fat content (14.75%) and best firmness (3.04 N) in cooked beef patties. The treatment of 5% of sachu inchi oil and 2% of banana flour got the lowest peroxide value (12.12 meq O₂ / kg) in cooked ones; the best L^* , a^* and b^* values in raw ones (58.05 * L, 4.17*a and 13.02 * b respectively); the best L^* and b^* values (39.13*L and 12.84 *b) in cooked ones; and the best firmness value (0.71 N) in raw ones. The treatment of 7.5% of sachu inchi oil and 4% of banana flour 4% presented the best a^* value (5.88 a^*) in cooked ones. Regarding overall acceptability, Friedman statistical test was used and did not show significant difference ($p > 0.05$). The replacement of fat by 10% sachu inchi oil and 6% of banana flour showed the highest overall acceptability of 6.22 as average range and 7 points as mode, belonging to the perception of "I like it moderately".

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tendencia del consumidor es regresar al consumo de alimentos sanos y naturales sin afectar su dieta diaria, que incluyen el desarrollo de nuevos alimentos funcionales en el que se ha sustituido, total o parcialmente, la grasa animal por fibra, gomas y almidones. Estos sustitutos se utilizan en la industria de alimentos manteniendo varias características sensoriales del producto, tales como: firmeza, jugosidad, sabor y dureza, haciéndolo apetecible (Carrasco, 2012).

El principal derivado de la semilla de sachá inchi es el aceite del mismo nombre. Otros derivados conocidos son el maní de sachá inchi, la semilla tostada, y la mantequilla producida artesanalmente para autoconsumo. Asimismo, por su naturaleza, por la tecnología utilizada aplicada para los cultivos ecológicos y su proceso industrial de extracción; el aceite de sachá inchi es de alta calidad para la alimentación y la salud. Es el mejor aceite para consumo humano doméstico, industrial, cosmético y medicinal; superando a todos los aceites utilizados actualmente, como los aceites de oliva, girasol, soya, maíz, palma, maní, entre otros (MINAG, 2012).

El aceite de sachá inchi o también conocido aceite de los incas es el más rico en ácidos grasos insaturados (93%), de gran importancia para la nutrición por su alto contenido de ácidos grasos esenciales (84%). Con 48% de Omega 3, contribuye al equilibrio del colesterol, principal causa de mortalidad en el mundo. De igual manera, facilita la microcirculación de la sangre y la irrigación cerebral, previene los accidentes cardiovasculares y el infarto (MINAG, 2012).

Por otro lado, está ampliamente documentado que el uso de harinas mejoran el desempeño de los productos cárnicos. El almidón actúa como

agente de retención de humedad, provocando que se mantenga la jugosidad y firmeza en el embutido, razón por la cual se usa en embutidos cárnicos bajos en grasa para mejorar la textura (Hinojosa y otros, 2012).

El plátano es apreciable por su riqueza en taninos y fuerte antioxidante biológico, de efectos importantes en la prevención de la arteriosclerosis. Contiene leucocianidinas, interviniendo en el incremento del espesor de la mucosa gástrica. Por otro lado, la harina de plátano ha sido considerada un alimento funcional aplicado a diarreas crónicas y tratamiento de la deshidratación. Asimismo, se encuentran investigaciones donde la harina de plátano produce un aumento significativo de la dureza de los productos cárnicos embutidos tipo mortadela, independientemente del porcentaje utilizado (Guerra y otros, 2011).

Diversas investigaciones realizadas en los hábitos alimentarios actuales destacan productos cárnicos fáciles de preparar y consumir como embutidos cocidos, embutidos fermentados, salchichas y hamburguesas, los cuales a pesar de tener una vida de anaquel prolongada en condiciones óptimas, tienen dentro de su formulación un alto contenido de sal y grasas, ocasionando problemas de salud como hipertensión o sobrepeso (Totosaus, 2007). La hamburguesa resalta en este grupo de productos cárnicos debido a sus características sensoriales y a su gran demanda en las principales cadenas de productos de comida rápida o “fast food” donde su contenido de grasa es no menor al 20% (Daniel, 2006).

En esta investigación se sustituyó grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno, con la finalidad de ofrecer al consumidor un producto innovador que proporcione ácidos grasos insaturados, vitaminas, hidratos de carbono y

sales minerales, que permiten mejorar la calidad nutricional, satisfacer las exigencias del mercado y competir con productos cárnicos semejantes.

El problema planteado fue:

¿Cuál será el efecto de la sustitución de grasa por tres concentraciones de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (5, 7.5 y 10%) y tres concentraciones de harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) (2 , 4 y 6%) variedad Inguiri sobre el contenido de grasa, el rendimiento de cocción, el índice de peróxidos, el color, la firmeza y aceptabilidad general de hamburguesa de carne de vacuno (*Bos taurus*)?

Los objetivos propuestos fueron:

- Evaluar el efecto de la sustitución de grasa por tres concentraciones de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (5.0, 7.5 y 10.0%) y tres concentraciones de harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) (2 , 4 y 6%) variedad Inguiri sobre el contenido de grasa, el rendimiento de cocción, el índice de peróxidos, el color, la firmeza y aceptabilidad general de hamburguesa de carne de vacuno.
- Determinar la concentración de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (5.0%, 7.5%y 10.0%) y harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) (2 %, 4% y 6%) variedad Inguiri que permita obtener el menor contenido de grasa, mayor rendimiento de cocción, menor índice de peróxidos, mejor color, mejor firmeza y mayor aceptabilidad general de hamburguesa de carne de vacuno.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Sacha inchi

2.1.1 Generalidades de sachá inchi

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una planta hermafrodita, de crecimiento voluble, abundantes hojas y ramas, posee una altura de 2 m; hojas alternas y acorazonadas; flores pequeñas, blanquecinas, en racimo; fructificación capsular de 3 a 5 cm de diámetro, dehiscentes (4 - 5 - 7 cápsulas); fruto de color verde, marrón negruzco al madurar; semillas de color marrón oscuro, con notorias nervaduras ovales de 1,5 x 2 cm de diámetro, requiere tutor que debe tener altura de 2 m (Chirinos y otros, 2009).

El sachá inchi, también conocido como “maní de los incas”, es una oleaginosa oriunda de la selva peruana, principalmente de los departamentos de San Martín, Ucayali, Amazonas, Madre de Dios y Loreto (MINAG, 2012).

Actualmente, se cultiva en las regiones de Loreto, San Martín, Amazonas, Junín, Huánuco, Pasco, Ucayali, Madre de Dios y el Cuzco. El sachá inchi se encuentra disponible de marzo a setiembre (Calero, 2013). La producción nacional en el Perú conjuntamente llegó a las 2.7, 2.9 y 2.3 mil toneladas métricas en los años 2011, 2012 y 2013 respectivamente (MINAG, 2014)

2.1.2 Distribución y hábitat

Es originaria de la amazonia peruana, cultivada por los indígenas por siglos, se adapta en climas cálidos o medios hasta los 1,700 msnm siempre y cuando haya disponibilidad permanente de agua y buen drenaje. Crece mejor en los suelos ácidos, francos y aluviales planos, cerca de los ríos (MINAG, 2012).

2.1.3 Aceite

La primera mención científica del sachá inchi fue en 1980 a consecuencia de los análisis de contenido graso y proteico realizados por la Universidad de Cornell en USA, los que demostraron que las semillas del Sachá Inchi tienen alto contenido de proteínas (33%) y aceite (49%) (Huamaní y Flores, 2009). Por su naturaleza, por la tecnología utilizada aplicada para los cultivos ecológicos y su proceso industrial de extracción, es un aceite de alta calidad para la alimentación y la salud. Sirve como: reductor del colesterol, aceite de mesa, de cocina, en la industria alimentaria para enriquecer con Omega 3 los alimentos producidos industrialmente, en la producción de cosméticos, nutracéuticos y en medicina (Chirinos y otros, 2009).

2.1.4 Propiedades nutricionales del aceite

Los principales beneficios y componentes del aceite de sachá inchi son mayor presencia de ácidos grasos esenciales (ácido linolomegas 3, 6, y 9) y vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles en comparación con otras semillas como el maní, palma, maíz, soya, girasol. Investigaciones arrojan que el consumo de aceites omegas y vitamina E son de gran ayuda tanto terapéuticamente

como para el control de radicales libres, ya que son estos los que producen una serie de patologías y enfermedades en el organismo. De esta planta se extrae aceite extra virgen que tiene gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados mayores a 83 % (Chirinos y otros, 2009).

En el Cuadro 1, se observa que el sachá inchi supera en porcentajes de ácidos grasos insaturados y en menor porcentaje de grasas saturadas a otras semillas oleaginosas utilizadas para la producción de aceites para consumo humano.

**Cuadro 1. Contenido de ácidos grasos en semillas oleaginosas
(valores aproximados)**

Ácidos grasos	Sachá inchi (%)	Oliva (%)	Soya (%)	Maní (%)	Girasol (%)	Palma (%)
Palmítico saturado	3.85	13	10.5	11.2	7.5	45
Esteárico saturado	2.54	3	3.2	2	5.3	4
Oleico monoinsaturado	8.28	71	22.3	43.3	29.3	40
Linoleico omega 6	36.8	10	54.5	36.8	57.9	10
Linolénico omega 3	48.6	1	8.3	0	0	0

Fuente: Chirinos y otros (2009).

2.2 Plátano

2.2.1 Generalidades de plátano

El plátano (*Musa paradisiaca* L.) es un híbrido triploide de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Sus frutos constituyen fuente importante de alimentación en el sur de la India, en algunas partes de África Central y Oriental y en la América Tropical (Robles, 2007).

En el Perú, aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina al autoconsumo y la diferencia es para la comercialización regional, nacional y para exportación. El principal mercado de consumo es el departamento de Lima, que absorbe el 8% de la producción total de la selva y costa norte (Herrera y Colonia, 2011).

2.2.2. Diferencias entre banano y plátano

El plátano es familiar del banano y su aspecto es similar. Por su constitución, el plátano se usa sobre todo en la cocina, aunque al estar muy maduro es posible comerlo como fruta fresca. De hecho, el plátano constituye una comida básica en casi todos los rincones de la región selva del país, y se le prepara en la cocina, friéndolo o hirviéndolo. La diferencia entre banano y plátano es bastante sutil, inclusive inexistente en los lugares de su producción, como ocurre en el Perú, donde se conoce como plátano al fruto comercializado verde o maduro de cualquier variedad o genotipo comestible. En realidad, la principal diferencia entre un banano y un plátano, es su contenido de humedad. El plátano contiene un promedio de 65% de humedad y el banano, 83%. Ya que la hidrólisis, el proceso por el cual los almidones se convierten en azúcares, actúa con mayor rapidez en las frutas con

un mayor contenido de humedad, los almidones se convierten en azúcares más rápido en los bananos que en los plátanos. Muchos bananos de cocción tienen contenidos de humedad que se encuentran entre los plátanos y bananos de postre. Estas variedades pueden ser cocinadas cuando no están completamente maduras, pero también se maduran suficientemente para poder comer las frutas crudas (Cárdenas, 2009).

2.2.3. Características botánicas

Según Cárdenas (2009), el plátano tiene las siguientes características botánicas:

- a. Nombre común: Plátano.
- b. Nombre científico: *Musa paradisiaca* L.
- c. Familia: Musaceae.
- d. Origen: Asia meridional.
- e. Variedades: Seda (Cavendish valery y Gros michel), bellaco, inguiri (plátano verde), isla ,biscochito y capirona.
- f. Periodo Vegetativo: De 300 a 360 días, según la variedad (Vida útil: 3 – 4 años).

2.2.4. Importancia económica y distribución geográfica del plátano

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación (variedad Cavendish valery), constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. En el Perú, se destacan las regiones de la selva y costa norte, las cuales presentan mayor producción, siendo el 19% de la producción nacional proveniente de la Región de Loreto, seguido de la Región San Martín con

18%, la Región Ucayali representa el 16% y la Región de Piura con el 13% (Cárdenas, 2009).

2.2.5. Valor nutritivo y propiedades funcionales del plátano

Destaca su contenido de hidratos de carbono, por lo que su valor calórico es elevado. Los nutrientes más representativos del plátano y banano son el potasio, el magnesio, el ácido fólico y taninos; sin despreciar su elevado aporte de fibra, del tipo fruto-oligosacáridos. Estas últimas lo convierten en una fruta apropiada para quienes sufren de procesos diarreicos. El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. El ácido fólico interviene en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis material genético y la formación anticuerpos del sistema inmunológico. Contribuye a tratar o prevenir anemias y de espina bífida en el embarazo (Cárdenas, 2009).

El Cuadro 2 presenta la composición nutricional del plátano. Se observa su alto contenido de carbohidratos y vitaminas.

Cuadro 2. Composición nutricional del plátano

Componente	Contenido (en 100 g comestible)
Energía (kcal)	85.2
Carbohidratos (g)	20.8
Fibra (g)	2.5
Magnesio (mg)	36.4
Potasio (mg)	350
Provitamina A (mcg)	18
Vitamina C (mg)	11.5
Ácido Fólico (mcg)	20

Fuente: Cárdenas (2009).

2.2.6. Harina de plátano

La harina de plátano verde es un polvo fino, blanco, similar al aspecto del almidón aislado de este mismo fruto. Sin embargo se oscurece con el paso del tiempo, probablemente debido a la presencia de compuestos fenólicos en la harina. Numerosos trabajos de investigación indican que la harina de plátano verde contiene una fracción considerable de almidón resistente, el cual presenta efectos similares a la fibra dietética (Bello y Agama, 2008).

Cuando el plátano está verde contiene tanino y almidón, pero a medida que se aproxima la madurez, el tanino desaparece y el almidón se transforma en goma y azúcar, desarrollando conjuntamente un principio ácido. Por esta causa la harina sólo se prepara de plátano verde (Herrera, 2011).

El Cuadro 3 presenta la composición nutricional de harina de plátano. Se observa su alto contenido de proteínas, carbohidratos y fibra.

Cuadro 3. Composición nutricional de harina de plátano

Componente	Contenido (en 100 g comestible)
Energía (kcal)	300
Agua (g)	14.9
Proteínas (g)	3.1
Grasa total (g)	0.4
Carbohidratos (g)	79.6
Fibra dietaria (g)	9.9
Cenizas (g)	2.0
Calcio (mg)	29
Fósforo (mg)	104
Niacina(mg)	1.57
Vitamina C (mg)	1.30

Fuente: Reyes y otros (2009).

2.3 Hamburguesa

2.3.1 Definición y generalidades

La hamburguesa es un preparado cárnico elaborado con carne picada a la que se le agrega sal, diversos condimentos y especias al gusto del elaborador (por este motivo existen una gran variedad en la composición de las hamburguesas), posteriormente la mezcla se amasa y se moldea, bien sea con la mano o con algún

molde fabricado; para el proceso de moldeo es útil utilizar pan molido o película plástica para cubrir las superficies de la hamburguesa y evitar que la carne se pegue al molde, en las mesas o que las hamburguesas se adhieran entre ellas (Echeverri y otros, 2004).

La carne de hamburguesa es un producto que se elabora generalmente con carne de res, de cerdo o de pollo. En los últimos tiempos se ha estado innovando con nuevos tipos de carne como por ejemplo la de pavo, conejo, sajino, venado, entre otros, según la región. En todo caso, es aconsejable que la carne tenga poca grasa para evitar una disminución de tamaño durante la fritura y mantener una buena calidad nutritiva (Ramos y otros, 2009).

A la hora del consumo de las hamburguesas, su fritura debe ser intensa para prevenir peligros sanitarios. La formulación estándar de la hamburguesa puede ser cambiada al gusto del que la hace o según los requerimientos de los consumidores, siempre, teniendo en cuenta que su conservación necesita de refrigeración, ya que de no ser así, se tiene que consumir antes de las 24 h de su preparación (Echeverri y otros, 2004).

2.3.2 Características nutricionales de la hamburguesa

Dada la variedad de ingredientes y de sus proporciones en la hamburguesa de carne, se estandarizó su composición química en base a la más común y comercializada.

En el Cuadro 4, se muestra la composición química de la hamburguesa cruda.

Cuadro 4. Composición química de la hamburguesa cruda

Componente	Contenido (en 100 g comestible)
Energía (kcal)	265
Proteínas (g)	15.2
Grasa total (g)	20.5
Carbohidratos (g)	5.3

Fuente: Lorenzini (2005).

En el Cuadro 5, se muestra los requisitos bromatológicos para la hamburguesa cruda según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE 1338, 2010) señalando que la hamburguesa debe contener un mínimo de 14% de proteína total y un máximo 6% de almidón.

Cuadro 5. Requisitos bromatológicos para hamburguesa

Requisito	Valor	
	Mín	Máx
Proteína total (%)	14	-
Almidón (%)	-	6

(-): No determinado

Fuente: INEN (2010).

En el Cuadro 6 se muestra los requisitos microbiológicos para la hamburguesa cruda según la Norma Técnica Sanitaria (NTS N° 071-MINSA/DIGESA, 2008).

Cuadro 6. Requisitos microbiológicos para hamburguesa

Agente microbiano	Categoría	Clase	N	c	Límite por gramo	
					m	M
Aerobios Mesófilos (30 °C)	2	3	5	2	10^6	10^7
<i>Escherichia coli</i>	6	3	5	1	50	5×10^2
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10^2	10^3
<i>Clostridium perfringes</i> (*)	5	3	5	2	10	10^2
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia/ 25 g	0
<i>Escherichia coli</i> 0157:H7	10	2	5	0	Ausencia/ 25 g	0
(*) Sólo para productos con embalaje, película impermeable o atmósfera modificada o al vacío en lugar de aerobios mesófilos.						

(-): No determinado

Fuente: Digesa (2008).

2.3.3 Ingredientes utilizados en la elaboración de hamburguesa

a. Carne de vacuno

Es una carne con elevado porcentaje de proteínas de alto valor biológico. En cuanto a las vitaminas y minerales, se encuentran en cantidades moderadas que apenas varían con factores intrínsecos del animal (sexo, edad, etc.), a su vez es una fuente importante de minerales tales como Ca, P y Fe, que varían en cantidad según el tipo de alimentación del animal, destaca por su riqueza en hierro hemo de fácil absorción.. La edad del animal influye en la cantidad de vitaminas, ya que la carne de ternera es más rica en vitamina B₂ (riboflavina) (Castilla, 2007). En el Cuadro 7 se muestra la composición química de la carne de vacuno.

Cuadro 7. Composición química de la carne de vacuno

Componente	Contenido (en 100g comestible)
Energía (kcal)	105
Agua (g)	75.9
Proteína (g)	21.3
Grasa (g)	1.6
Ceniza (g)	1.1
Calcio (mg)	16
Fósforo (mg)	208
Hierro (mg)	3.40
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.13
Niacina (mg)	6.82

Fuente: Reyes y otros (2009).

b. Grasa de cerdo

Las grasas son muy importantes en la elaboración de productos cárnicos, ya que confieren textura (dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad), color y sabor. Estas características también dependen de la presencia de ácidos grasos insaturados y de cadena corta, vale decir de la composición de la grasa. Otra de las características de la grasa es la temperatura de fusión; que se utiliza para determinar el grado de temperatura en la cual cambia de estado la grasas, pasando de sólido a líquido y el cual se ve reflejado en los productos cárnicos (Tellegen, 2003).

c. Sal

Es el saborizante más importante en productos cárnicos. Además de su sabor propio, cumple una triple función: contribuye al sabor, actúa como conservador retardando el crecimiento microbiano, fundamentalmente porque reduce la disponibilidad de agua en el medio (actividad de agua) para el desarrollo de reacciones químicas y enzimáticas y, por último ayuda a la solubilización de las proteínas (Sánchez, 2003).

d. Agentes aromatizantes y especias

Son aquellas sustancias que proporcionan olor y sabor a los productos alimenticios a los que se incorporan (Sánchez, 2003). Según Montero (2004), estos agentes son considerados también especias en algunas clasificaciones, ya que provienen de hojas de plantas pero sólo perfuman la comida, sin embargo, no son tan valoradas como las especias ya que su cultivo es doméstico y fácil de realizar, pudiendo hacerse en una huerta o jardín pequeño.

La mayoría de las especias estimulan los procesos digestivos y evitan las flatulencias, pero resultan excitantes e irritan la mucosa gástrica, es por ello que deben emplearse en muy poca cantidad. Son interesantes para regímenes hiposódicos, ya que concentran bastante sabor y pueden sustituir en parte a la sal (Gallouin y Arvy, 2007).

Entre las especias para la elaboración de hamburguesas se utilizan:

Orégano: Es una planta cultivable de la que se emplea la parte superior, es secada al aire y puede utilizarse desecado o molido. Posee un sabor amargo y olor aromático (Sánchez, 2003).

Pimienta: Es la semilla interior del pericarpio. Ofrece un sabor picante y astringente. Ofrece alta cantidad de calcio, hierro y potasio. Es recomendable para mejorar el control de la glucemia en personas con diabetes, reducir el colesterol y prevenir el cáncer de colon (Carballo y Jiménez, 2011).

Ajo: Se usan los dientes que forman el bulbo (cabeza del ajo), en proporciones pequeñas, puede utilizarse desecado o molido. Posee un sabor acre y fuerte olor, destacando por tener efecto bactericida (Sánchez, 2003).

Curry: Es una mezcla de diferentes especias y hierbas secas machacadas y mezcladas (pimienta de cayena, clavo, comino, cilantro, clavo, nuez moscada, jengibre, cúrcuma, canela y guindilla). Tiene un sabor muy fuerte, picante, con un aroma muy marcado y un color ocre-amarillo (Gallouin, 2007).

e. Almidón de maíz

Aporta buen sabor y tiene como ventaja que gelifica a temperatura baja proporcionando una buena textura al producto (Gallouin y Arvy, 2007).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en los Laboratorios de Productos Cárnicos y Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materia prima

- Carne de vacuno (*Bos taurus*) obtenida del mercado mayorista de Trujillo.
- Aceite de sacha inchi, marca Olivos del Sur
- Harina de plátano (variedad Inguiri)

3.2.2 Ingredientes

- Grasa de cerdo obtenida del mercado mayorista de Trujillo
- Agua potable
- Sal de mesa yodada marca “Emsal”
- Ajo molido fresco
- Orégano en polvo marca “Bells”
- Pimienta en polvo marca “Bells”
- Curry en polvo marca “Bells”
- Almidón de maíz marca “Duryea”

3.2.3 Equipos

- Moledora de carne. Marca Mobba. Capacidad 7 kg. Disco 8mm.
- Estufa. Marca Memmert "UNE 300"
- Colorímetro. Marca Konica Minolta. Modelo CR - 400
- Termómetro digital. Marca Multidigital
- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo (0.001 g)
- Cocina eléctrica. Marca Selecta
- Extractor Soxhlet. Marca Schott Duran
- Cocina eléctrica con plancha de teflón
- Horno microondas. Marca Samsung
- Texturómetro. Marca Instron

3.2.4 Reactivos

- Éter de petróleo(p.e : 40-60 °C). Marca Merck Millipore
- Solución de ácido acético y cloroformo 3:2 (15 ml de ácido acético, 10 ml de cloroformo al 3%)
- Solución saturada de yoduro de potasio
- Solución 0.01 N de tiosulfato de sodio estandarizada
- Solución de almidón al 1%.

3.2.5 Materiales

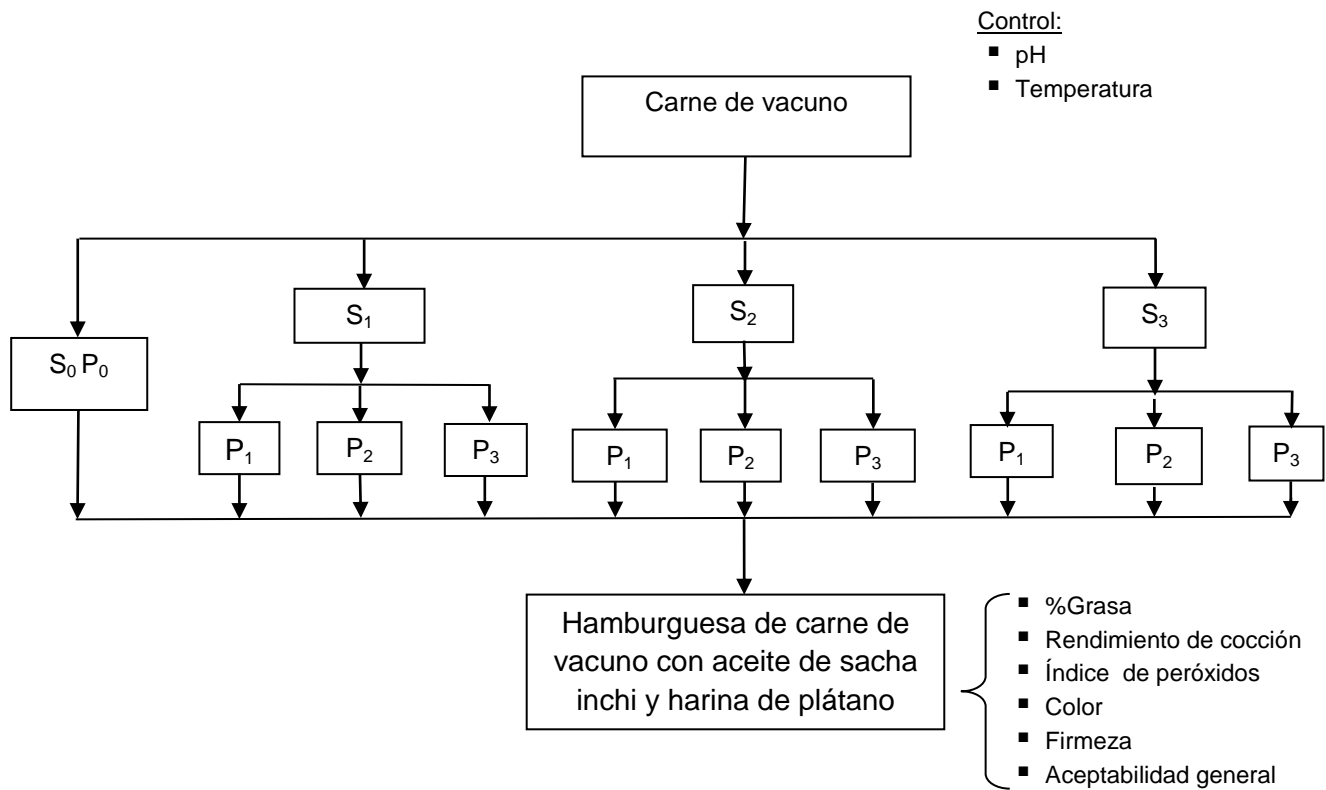
- Vasos de precipitado (100, 250 y 500 mL)
- Matraz Erlenmeyer (250 mL)
- Placas petri
- Moldes para hamburguesas
- Papel aluminio
- Bolsas de plástico Ziploc

3.3 Metodología

3.3.1 Esquema experimental

La Figura 1 muestra el esquema experimental para la presente investigación. Las variables independientes son las sustituciones de grasa por aceite de Sacha Inchi y por harina de plátano. Asimismo, las variables dependientes contenido de grasa,

rendimiento de cocción, índice de peróxidos, color, firmeza y aceptabilidad general.



Leyenda:

S₀P₀: sustitución de grasa, control: 0%

S₁: sustitución de grasa por aceite de sachá inchi: 5%

S₂: sustitución de grasa por aceite de sachá inchi: 7.5%

S₃: sustitución de grasa por aceite de sachá inchi: 10%

P₁: sustitución de grasa por harina de plátano: 2%

P₂: sustitución de grasa por harina de plátano: 4%

P₃: sustitución de grasa por harina de plátano: 6%

Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de hamburguesa de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano

En el Cuadro 8 se presenta las formulaciones de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano.

Cuadro 8. Formulaciones usadas en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno

Ingredientes	Formulación (%)									
	S ₀ P ₀	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂	S ₁ P ₃	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂	S ₂ P ₃	S ₃ P ₁	S ₃ P ₂	S ₃ P ₃
Carne de vacuno	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22
Grasa de cerdo	19.44	18.09	17.70	17.31	17.61	17.22	16.83	17.12	16.73	16.34
Aceite sachá inchi	0.00	0.97	0.97	0.97	1.45	1.45	1.45	1.94	1.94	1.94
Harina de plátano	0.00	0.38	0.77	1.16	0.38	0.77	1.16	0.38	0.77	1.16
Agua de mesa	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
Sal de mesa	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Ajo molido	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Orégano en polvo	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Pimienta en polvo	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Curry en polvo	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Almidón de maíz	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Adaptado de García y otros (2015).

Leyenda:

S₀P₀: sustitución de grasa, control: 0%

S₁: sustitución de grasa por aceite de sachá inchi: 5%

S₂: sustitución de grasa por aceite de sachá inchi: 7.5%

S₃: sustitución de grasa por aceite de sachá inchi: 10%

P₁: sustitución de grasa por harina de plátano: 2%

P₂: sustitución de grasa por harina de plátano: 4%

P₃: sustitución de grasa por harina de plátano: 6%

3.3.2 Diagrama y procedimiento para la elaboración de harina de plátano

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de harina de plátano, según Orozco y Picón (2011).

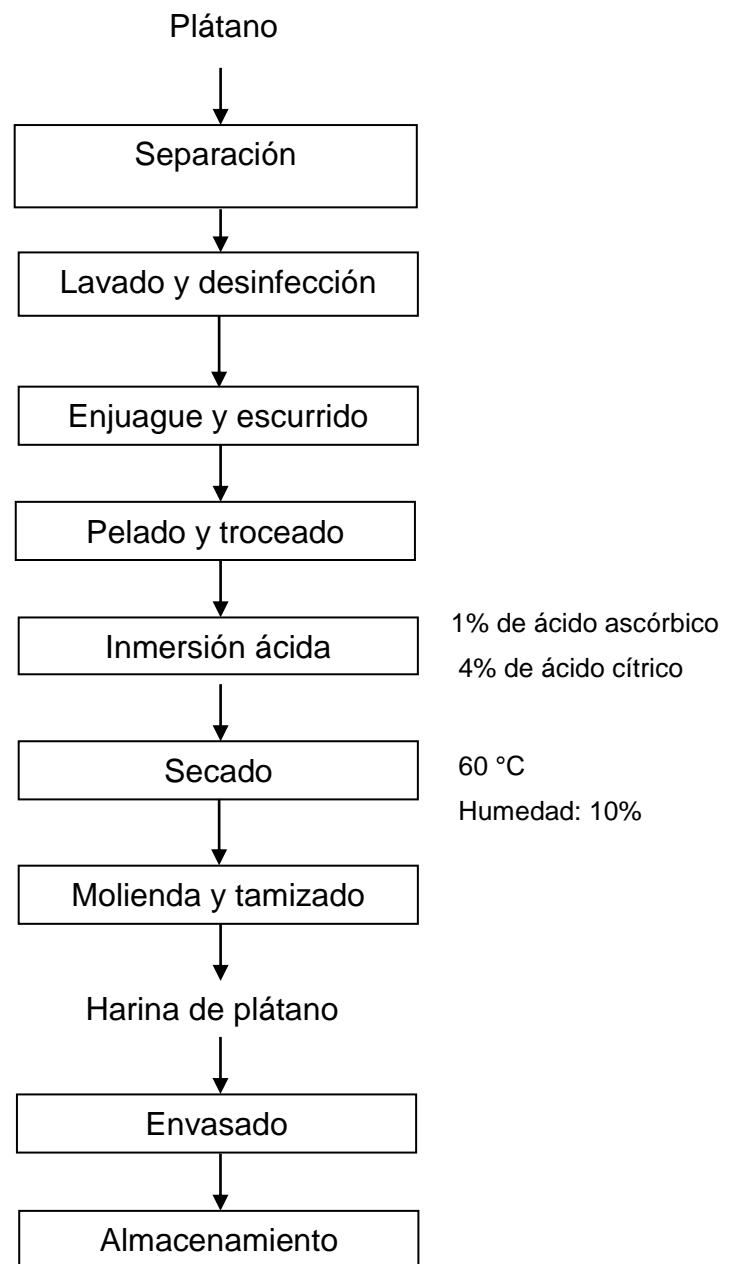


Figura 2. Diagrama de flujo para elaboración de harina de plátano

A continuación se describe cada operación para elaborar harina de plátano de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 3, según Orozco y Picón (2011):

- Separación. Se separó las manos y dedos del plátano verde es decir del raquis y las hojas, de forma manual.
- Lavado y desinfección. Se realizó con el fin de limpiar y desinfectar los plátanos con cáscara. Se utilizó en este proceso agua potable en cantidad suficiente para que el plátano flotara, se desinfectó agregando cloro al agua en cantidades de 100 ppm sumergiendo los plátanos por 5 min, este proceso se realizó en recipientes de plástico.
- Enjuague y escurrido. El enjuague se realizó con agua potable con el fin de retirar del producto trazas de cloro, y para el escurrido se usaron rejillas o canastillas para dejar orear el plátano
- Pelado y troceado. El pelado fue manual y el troceado se realizó con cuchillos previamente desinfectados. Se consideró obtener rodajas de plátano con un grosor ideal para el secado entre 2 a 4 mm.
- Inmersión ácida. Se sumergió los plátanos en rodajas en una solución de 4 L de agua con 1% de ácido ascórbico y un 4% de ácido cítrico, esto con el fin de impedir el pardeamiento enzimático y la alteración de las propiedades organolépticas finales de la harina de plátano a obtener.
- Secado. Se realizó en un deshidratador, se dispuso las rodajas de plátano en bandejas de acero inoxidable a temperatura de 60 °C hasta obtener un valor de humedad del 10%.
- Molienda y tamizado: Las rodajas de plátano secas se llevaron a un molino manual obteniendo una harina molida de partícula gruesa. Esta harina se colocó en un tamizador con malla

número 60, obteniéndose una harina de plátano fina de 280 mm de partícula.

- Envasado. La harina de plátano obtenida se colocó en bolsas Ziploc de polipropileno de baja densidad. El peso aproximado de cada bolsa con harina de plátano fue de 51 g de harina.
- Almacenamiento. Se almacenó la harina de plátano envasada a un ambiente de 17°C y humedad relativa aproximada de 83%.

3.3.3 Procedimiento para elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano

La figura 3 presenta el diagrama de flujo para la obtención de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano.

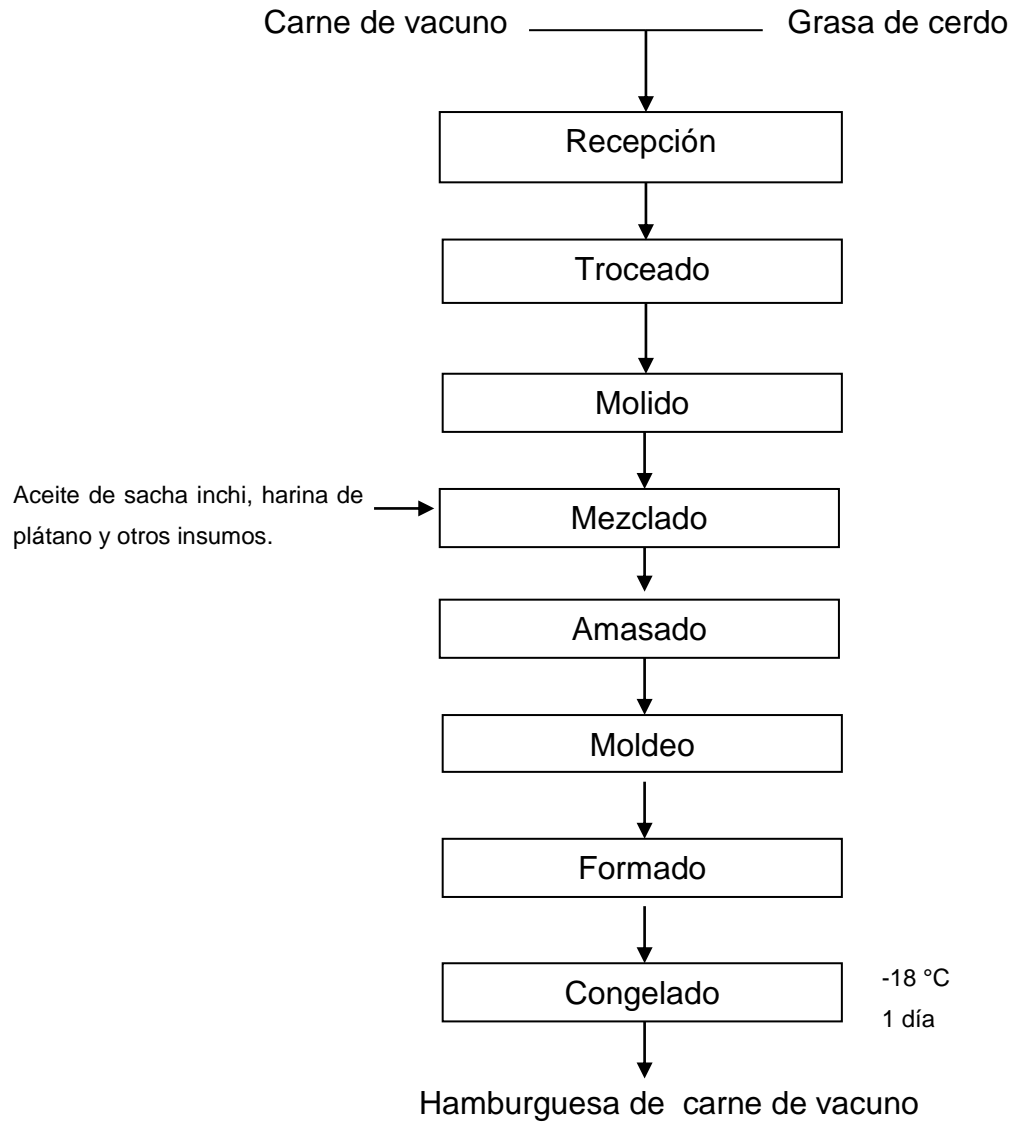


Figura 3. Diagrama de flujo para elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano

A continuación se describe el proceso para elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano.

- Recepción. La carne de vacuno y grasa presentaron apariencia fresca, buen olor y color. Se recibieron a una temperatura de 4 °C. Se midió el pH y fueron envueltas en bolsas plásticas transparentes (Sánchez, 2003).
- Troceado. La carne de vacuno y la grasa se trocearon con cuchillos previamente desinfectados obteniéndose trozos de 3 x 3 cm (Sánchez, 2003).
- Molido. Los trozos de carne de vacuno y grasa se introdujeron en la moladora de carne. Este proceso se repitió tres veces para cada uno durante 20 minutos hasta lograr una consistencia de masa molida deseada (Ramos y otros, 2009 y Sánchez, 2003).
- Mezclado. Una vez obtenida la carne y grasa molidas, se procedió a mezclarlas con los demás ingredientes de las formulaciones, incluyendo las concentraciones de aceite de sachá inchi (5.0, 7.5 y 10%) y harina de plátano (2, 4 y 6%) durante 4 min (Ramos y otros, 2009).
- Amasado. La mezcla anterior se amasó manualmente por un lapso de 8 min hasta conseguir una masa consistente sin que se separe o se pegue a las manos (Piñero y otros, 2004 y Ramos y otros, 2009).

- Moldeo. De la mezcla final, se pesó porciones de 80 g aproximadamente que se moldearon con la mano en forma de esferas (Ramos y otros, 2009).
- Formado. Las porciones anteriores fueron empanizadas con pan rallado y se colocaron en un molde para hamburguesas de 5 cm de diámetro con 1 cm de espesor y se presionaron para darle la forma aplanada redonda típica del producto (Piñero y otros, 2004 y Ramos y otros, 2009).
- Congelado. Las hamburguesas fueron colocadas en bolsas de plástico Ziploc y almacenadas a temperatura de -18 °C por 24 horas, para luego efectuar los análisis indicados (Piñero y otros, 2004 y Ramos y otros, 2009).

3.3.4 Métodos de análisis

3.3.4.1 Grasa

Las muestras de hamburguesa cocida de cada tratamiento fueron sometidas a una extracción Soxhlet para obtener la grasa, según la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-089-S-1978):

- Se pesó 10 g de muestra de hamburguesa y se envolvió en un papel whatman N° 40.
- Se colocó el cartucho en la zona de extracción del equipo Soxhlet.
- Se adicionó 250 mL de éter de petróleo (p.e= 40-60°C) y se colocó en el balón de destilación, seguidamente el calentamiento se efectuó con una cocina eléctrica durante 4 h. El ciclo fue cerrado con una velocidad de goteo de solvente de 45 – 60 gotas por min.

- Se efectuó 30 extracciones de la muestra en aproximadamente 4 h.
- La destilación de la solución contenida en el balón dejó un residuo de grasa el mismo que fue puesto en la estufa a 60 °C hasta peso constante.

Se utilizó la siguiente ecuación para la determinación del contenido grasa en hamburguesa:

$$\% \text{ Grasa Cruda} = \frac{\text{Peso de materia grasa (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Se realizaron 3 repeticiones.

3.3.4.2 Rendimiento de cocción (RC)

La cocción de las hamburguesas se realizó mediante fritura en una plancha de teflón hasta que alcanzaron una temperatura del centro de aproximadamente 71 °C. El rendimiento de cocción se determinó pesando las hamburguesas de carne de vacuno antes y después de la cocción (García y otros, 2012). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{\text{Peso de HCo (g)}}{\text{Peso de HCr (g)}} \times 100\%$$

Donde:

HCo = Hamburguesa de carne de vacuno cocida

HCr = Hamburguesa de carne de vacuno cruda

Se realizaron 3 repeticiones.

3.3.4.3 Índice de peróxidos

Una vez obtenida la grasa de las muestras de hamburguesa cocida mediante el método Soxhlet. Para determinar el índice de peróxidos, se utilizó el principio del método de la oxidación del yoduro de potasio en la muestra del alimento, los cuales están redactados en la Norma Oficial Mexicana (NMX-Y-331-SCFI, 2002).

- Se pesó 4 g de muestra de grasa obtenida en hamburguesa cocida en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se adicionó 30 mL de la mezcla de cloroformo-ácido acético 3:2, se tapó el matraz y se agitó manualmente hasta que la muestra se disolvió.
- Se adicionó 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio, dejando actuar la solución con agitación ocasional durante un minuto.

Posteriormente, se adicionó 30 mL de agua destilada, se dejó de agitar y adicionó 4 mL de solución de almidón al 1%; apareció un color azul o gris oscuro (al ser la prueba positiva), se agitó el matraz en forma circular para distribuir el color.

- Se tituló con solución de tiosulfato de sodio 0.01 N con agitación vigorosa hasta cerca del punto final, luego lentamente gota a gota hasta que el color azul desapareció.

El índice de peróxidos se determinó por medio de la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{(\text{Gasto de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{\text{Peso de muestra (g)}} \times N \times 1000$$

Siendo:

IP = Índice del peróxido (meq de O₂ /kg de muestra)

N= Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

Se realizaron 3 repeticiones.

3.3.4.4 Color

Se realizó por el método de colorimetría triestímulo utilizando un colorímetro marca Konica Minolta. La medición de color se llevó a cabo en las hamburguesas crudas y cocidas. Las mediciones se realizaron directamente en la muestra, primero se calibró el equipo a blanco por medio de la placa de calibración hasta obtener los siguientes valores $Y=93.5$, $x=0.3159$, $y=0.3328$. Segundo, se colocó el cabezal de medida sobre los moldes de hamburguesa, tomándose de esta forma la lectura. La L^* (luminosidad), a^* y b^* (coordenadas de cromaticidad), donde $+a^*$ es la dirección de color rojo, $-a^*$ es la dirección verde, $+b^*$ es la dirección amarillo, y $-b^*$ es la dirección azul (Steffens y otros, 2007).

Se realizaron 3 repeticiones.

3.3.4.5 Firmeza

Se realizó a las hamburguesas crudas y cocidas. Para este análisis se empleó el texturómetro Instron, modelo 3342, el cual midió la resistencia a la penetración expresada en N. La resistencia a la penetración se define como el valor de fuerza máxima presentada antes de la ruptura o flujo del material al realizar el proceso de penetración con una herramienta que posea un diámetro igual o menor a 3 veces el diámetro del material a ensayar, de tal manera que los efectos en los bordes y la parte inferior del material sean insignificantes. Se evaluó las unidades de hamburguesa las cuales se apoyaron sobre una base sólida con una perforación central que permitieron el libre paso del pistón al momento de atravesarlas (Llempén, 2014). Se reportó el promedio de los valores de firmeza por tratamiento.

3.3.4.6 Aceptabilidad general

Las muestras se prepararon 1 h antes de realizar las respectivas pruebas sensoriales. Las hamburguesas se cocinaron en una plancha de teflón utilizando una delgada capa de aceite, hasta completar un tiempo total de cocción de 10 min considerando ambos lados de la hamburguesa. La temperatura interna final fue de aproximadamente 71 °C. Las muestras se cubrieron con papel aluminio para mantener su temperatura a 35 °C (Carrasco, 2012). Aquellas porciones que se sintieron frías al tacto, se calentaron en horno microondas durante 30 s, antes de ser servidas. Se obtuvieron 8 porciones de cada hamburguesa, de un peso de 15 g aproximadamente cada porción (muestra).

Las 10 muestras correspondientes a cada tratamiento incluyendo al control, se presentaron de 5 en 5, en platos con etiqueta de color anaranjada y verde. Se sirvió primero un plato y luego de haber analizado las primeras 5 muestras. Debido a la falta de disponibilidad de tiempo de los panelistas, inmediatamente, se ofreció el siguiente plato con otras 5 muestras a cada uno. Las muestras se sirvieron con un vasito de 150 mL de agua de mesa como neutralizante entre muestras.

La aceptabilidad se evaluó por medio de una escala hedónica de 9 puntos, desde “Me gusta muchísimo” a “Me disgusta muchísimo”. Se usó un panel de 30 jueces no entrenados de hamburguesas (Piñero y otros, 2004 y Anzaldúa-Morales, 2005). En la Figura 4, se muestra la cartilla para la evaluación de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachá inchi y harina de plátano.

ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD GENERAL																																																																	
Nombre:	Fecha:																																																																
Producto: Hamburguesas de carne de vacuno																																																																	
Instrucciones																																																																	
1. Se presenta una prueba de aceptabilidad general. A continuación pruebe las muestras una por una.																																																																	
2. Evalúe cada muestra y coloque un aspa para cada muestra según su aceptabilidad.																																																																	
3. Comente porque la preferencia de la muestra de mayor y menor agrado.																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">ESCALA</th> <th style="width: 10%;">135</th> <th style="width: 10%;">294</th> <th style="width: 10%;">348</th> <th style="width: 10%;">477</th> <th style="width: 10%;">867</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Me gusta muchísimo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me gusta mucho</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me gusta moderadamente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me gusta ligeramente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ni me gusta ni me disgusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me disgusta ligeramente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me disgusta moderadamente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me disgusta mucho</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Me disgusta muchísimo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						ESCALA	135	294	348	477	867	Me gusta muchísimo						Me gusta mucho						Me gusta moderadamente						Me gusta ligeramente						Ni me gusta ni me disgusta						Me disgusta ligeramente						Me disgusta moderadamente						Me disgusta mucho						Me disgusta muchísimo					
ESCALA	135	294	348	477	867																																																												
Me gusta muchísimo																																																																	
Me gusta mucho																																																																	
Me gusta moderadamente																																																																	
Me gusta ligeramente																																																																	
Ni me gusta ni me disgusta																																																																	
Me disgusta ligeramente																																																																	
Me disgusta moderadamente																																																																	
Me disgusta mucho																																																																	
Me disgusta muchísimo																																																																	
Comentarios: <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 15px; margin-top: 5px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 15px; margin-top: 5px;"></div>																																																																	
Gracias.																																																																	

Figura 4. Cartilla de evaluación para la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno con aceite de sachachi y harina de plátano.

Fuente: Adaptado de Carrasco (2015).

3.3.5 Métodos estadísticos

El método estadístico correspondió a un diseño bifactorial (concentración de aceite de sachá inchi y concentración de harina de plátano), con 3 repeticiones. Para contenido de grasa, rendimiento de cocción, índice de peróxidos, color, firmeza y aceptabilidad general se empleó la prueba de Levene modificada para determinar la homogeneidad de varianzas (Montgomery, 2004), posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento. Para aceptabilidad general se empleó la prueba no paramétrica de Friedman.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22.0 y para la elaboración de los gráficos se usó el paquete estadístico Minitab versión 16. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia del 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el contenido de grasa en hamburguesa cocida de carne de vacuno

En la Figura 5, se muestran los valores de contenido de grasa en hamburguesas cocidas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se observa una disminución del contenido de grasa en la hamburguesa cocida de 17.60 al 14.75%, al aumentar tanto el contenido de aceite de sachá inchi y la harina de plátano para todas las formulaciones. El tratamiento control presenta un contenido de grasa de 18.92%.

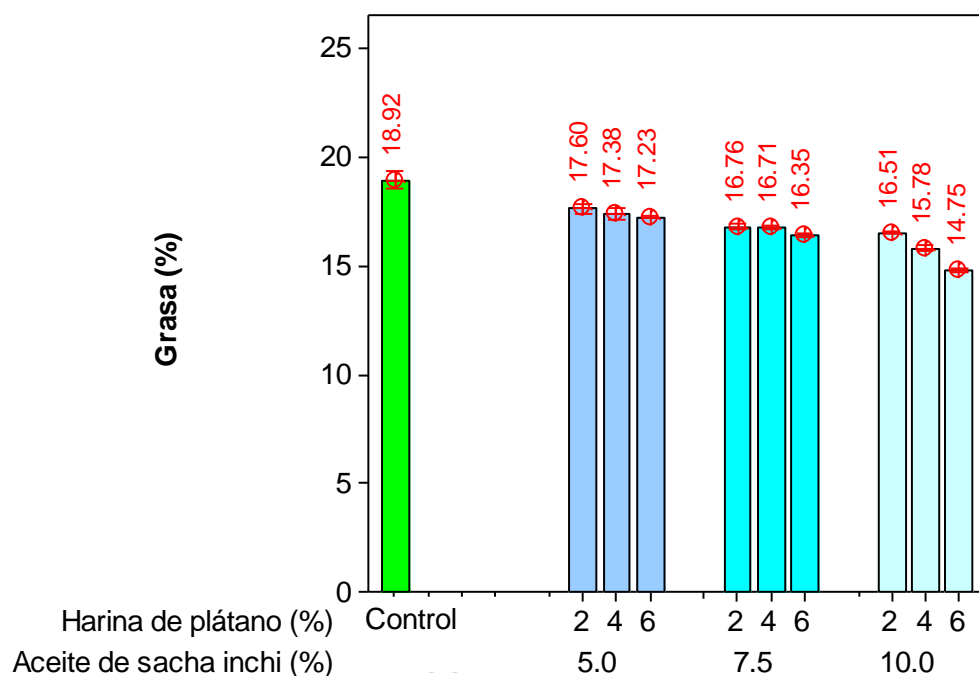


Figura 5. Contenido de grasa en hamburguesa cocida

Resultados similares fueron encontrados por Gök y otros (2011) donde contenido de grasa disminuyó al aumentar la sustitución de grasa (25, 50 y 100%) por pasta de semillas oleaginosas de amapola en hamburguesas cocidas de carne de vacuno, alcanzando valores de 14.3, 12.5 y 11.7% respectivamente.

García y otros (2012) reemplazaron la grasa por harina de quichoncho (20, 40 y 60%) en hamburguesas de carne vacuno cocidas, observaron que el contenido de grasa disminuyó de 15.77 a 8.12%

Serdaroglu y otros (2005) explican que el porcentaje de grasa tiende a disminuir durante el proceso de cocción, debido a la desnaturalización de las proteínas de la carne y la pérdida de agua y grasa.

En la presente investigación, el contenido de grasa disminuyó debido a que se sustituyó grasa por harina de plátano. Asimismo, también pudieron generarse pérdidas de grasa durante el proceso de cocción en todas las hamburguesas.

En el Cuadro 9, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de contenido de grasa denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

El Cuadro 10 contiene el análisis de varianza para los valores de contenido de grasa en hamburguesa cocida.

Cuadro 9. Prueba de Levene para los valores de contenido de grasa en hamburguesa cocida

Variable	Estadístico de Levene	P
Grasa (%)	0.720	0.685

Cuadro 10. Análisis de varianza para los valores de contenido de grasa en hamburguesa cocida

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Grasa (%)	Aceite: A	13.446	2	6.723	104.796	0.000
	Harina: H	3.268	2	1.634	25.473	0.000
	A*H	1.927	4	0.482	7.510	0.001
	Error	1.155	18	0.064		
	Total	19.796	26			

El análisis de varianza muestra que el aceite de sachá inchi y harina de plátano, presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de grasa en hamburguesas cocidas con sustitución de grasa.

En el estudio de Gök y otros (2011), quienes trabajaron con pasta de semillas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesa de carne de vacuno, el análisis de varianza mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de grasa.

Asimismo, García y otros (2012) determinaron diferencia significativa ($p < 0.05$) al analizar el contenido de grasa en la sustitución de la misma por harina de quinchoncho (20, 40 y 60%) en hamburguesas de carne de vacuno cocidas.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para los valores de contenido de grasa para hamburguesa cocida

Aceite de sacha inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
10.0	6	14.75					
10.0	4		15.78				
7.5	6			16.35			
10.0	2			16.51			
7.5	4			16.71	16.71		
7.5	2			16.76	16.76		
5.0	6				17.23	17.23	
5.0	4					17.38	
5.0	2					17.60	
Control							18.92

En el Cuadro 11, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de contenido de grasa en hamburguesas cocidas. Donde se aprecia que en el subgrupo 1, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sacha inchi al 10% y harina de plátano al 6%, ya que su valor de contenido de grasa (14.75%) es menor a los demás tratamientos.

4.2. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el rendimiento de cocción en hamburguesa de carne de vacuno

En la Figura 6, se muestran los valores de rendimiento de cocción de hamburguesas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se aprecia un incremento de esta variable al aumentar el contenido de aceite de sachá inchi y harina de plátano, fluctuando entre los valores de 90.61 y 96.33%. A excepción del tratamiento con sustitución de grasa por 5% de aceite de sachá inchi y 6% de harina de plátano, cuyo resultado fue de 90.56%. El tratamiento control muestra un rendimiento de cocción de 72.65%.

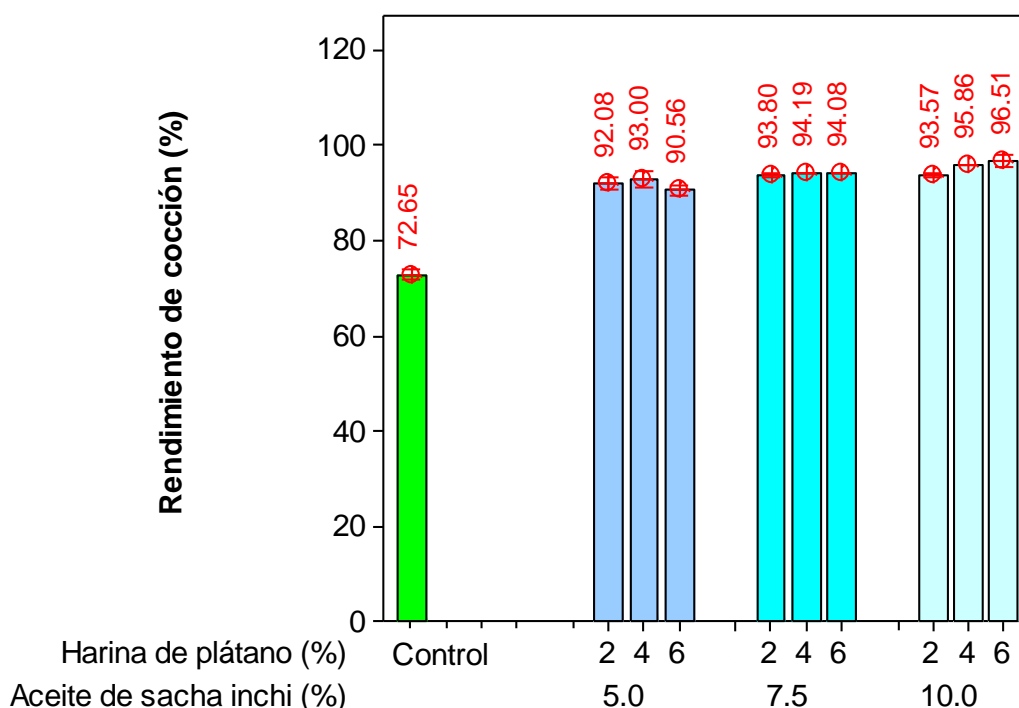


Figura 6. Rendimiento de cocción en hamburguesa.

De igual modo, Gök y otros (2011) establecieron que el rendimiento de cocción incrementaba al aumentar la sustitución de grasa por pasta de

semillas de amapola (5, 10 y 20%) en hamburguesas de carne de vacuno, alcanzando valores de 77.7, 82.2 y 86.7%; respectivamente. La pasta de semillas de amapola presenta propiedades ligantes y estabilizantes en el producto, lo que permitió mayor retención de grasa y agua.

Choi y otros (2013) evaluaron el efecto de reducción del nivel de grasa de cerdo de 30% a 20% y la sustitución parcial de grasa de cerdo por aceite de girasol (0, 5, 10, 15, y 20%) y fibra de lía makgeolli (2%) en salchichas de pollo tipo frankfurter. La pérdida por cocción fue menor en los tratamientos con sustitución de grasa por aceite de girasol al 20% y fibra de lía makgeolli al 2%, alcanzando un valor de 11.28%. El aumento del nivel de aceite de girasol de 0% a 20%, favorece la estabilidad de la emulsión cárnica, disminuyendo significativamente la separación de grasa y separación total de líquidos. Un comportamiento semejante fue observado por Franco y Fragueta (2014), donde el rendimiento de cocción en hamburguesas de pavo con adición de 3% de fibra de trigo fue de 73.7%, mientras de la control fue de 70.3%, con lo cual refiere que la fibra favorece la retención de agua en el producto.

El plátano verde es rico en fibra dietética total (FDT), almidón total (AT), almidón disponible (AD) y almidón resistente (AR). Por lo tanto, el aumento en el porcentaje de rendimiento de cocción en productos cárnicos con sustitución de grasa por harina de plátano verde, se debe a que ésta presenta un alto contenido de fibra y almidón, lo que genera un aumento en la capacidad de retención de agua y grasa, interviniendo en el peso del producto terminado (Araya-Quesada y otros, 2014).

En el Cuadro 12, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de rendimiento de cocción denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar

el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 12. Prueba de Levene para los valores de rendimiento de cocción para hamburguesa

Variable	Estadístico de Levene	p
Rendimiento de cocción (%)	1.350	0.272

El Cuadro 13 contiene el análisis de varianza para los valores de rendimiento de cocción en hamburguesa.

Cuadro 13. Análisis de varianza para los valores de rendimiento de cocción en hamburguesa

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Rendimiento de cocción (%)	Aceite: A	54.125	2	27.063	10.007	0.001
	Harina: H	6.461	2	3.230	1.195	0.326
	A*H	17.249	4	4.312	1.595	0.219
	Error	48.678	18	2.704		
	Total	126.513	26			

El análisis de varianza muestra que el aceite de sachá inchi presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de grasa en hamburguesas con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano.

Gök y otros (2011) establecieron diferencia significativa ($p < 0.05$) al analizar la sustitución de grasa por pasta de semillas de amapola (5, 10 y 20%) en hamburguesas de carne de vacuno, donde al aumentar la

concentración de pasta, aumentaba el rendimiento de cocción alcanzando valores de 77.7, 82.2 y 86.7% respectivamente. De igual manera, Choi y otros (2013) al sustituir grasa por aceite de girasol (0, 5, 10, 15 y 20%) y fibra de lía makgeolli (2%) en salchichas de pollo tipo frankfurter. La pérdida por cocción fue menor a mayor sustitución de grasa por aceite de girasol, alcanzando valores de 30.40, 19.79, 18.85, 17.26, 14.88 y 11.28%, respectivamente. Por lo tanto, tratamiento con sustitución de grasa por aceite de girasol al 20% y fibra de lía makgeolli al 2%, alcanzó el menor valor de pérdida por cocción.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para los valores de rendimiento de cocción para hamburguesa

Aceite de sacha inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Control		72.6				
5.0	6		90.6			
5.0	2		92.1	92.1		
5.0	4		93.0	93.0	93.0	
10.0	2		93.6	93.6	93.6	93.6
7.5	2			93.8	93.8	93.8
7.5	6			94.1	94.1	94.1
7.5	4			94.2	94.2	94.2
10.0	4				95.9	95.9
10.0	6					96.5

En el Cuadro 14, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de rendimiento de cocción. Donde en el subgrupo 5, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sacha inchi al 10% y harina de plátano al 6%, ya que presenta el mayor valor de rendimiento de cocción (96.5%). Además en este subgrupo, se encuentran los tratamientos con aceite de sacha inchi al 10% y harina de plátano al 2 y 4%, y con aceite

de sachá inchi 7.5% y harina de plátano al 2, 4 y 6%, cuyos valores de rendimiento de cocción fueron de 93.6, 95.9, 93.8, 94.2 y 94.1%, respectivamente, siendo también altos en comparación a los demás tratamientos.

4.3. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el Índice de peróxidos en hamburguesa cocida de carne de vacuno

En la Figura 7, se muestran los valores de índice de peróxidos de hamburguesas cocidas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se observa un aumento en el índice de peróxidos en la hamburguesa cocida al aumentar el contenido de aceite de sachá inchi como sustituto de grasa. Por otro lado, al incrementar el contenido de harina de plátano, el cambio no es muy notorio. Los valores oscilaron entre 12.12 a 18.91 meq O_2 / kg. El tratamiento control muestra un índice de peróxidos de 9.12 meq O_2 / kg.

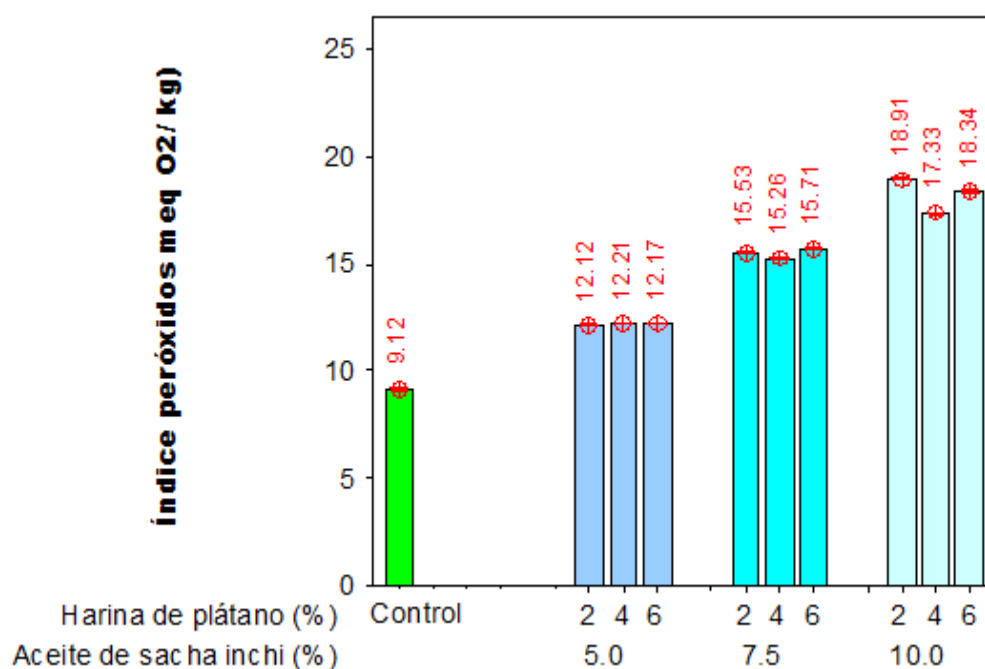


Figura 7. Índice de peróxidos en hamburguesa cocida.

Selani y otros (2015) estudiaron el efecto de la sustitución de grasa por afrecho de piña (congelado y seco) y emulsión de aceite de canola en hamburguesas de carne de vacuno bajas en grasa (Convencional, con un 20% de grasa; Control bajo en grasa, con un 10% de grasa; PA: con 10% de grasa y 1.5% de afrecho de piña; CO: con 10% de grasa y 5% de aceite de canola ; y PC: con un 10% de grasa, 1. 5% de afrecho de piña y 5% de aceite de canola). Los tratamientos con sustitución de aceite de canola y con o sin afrecho de piña (CO y PC) afectaron negativamente la estabilidad oxidativa en hamburguesas cocidas, mostrando valores de malonaldehído (MDA) de 1.33 y 1.50 mg de MDA/ kg. Este comportamiento se atribuyó a la mayor susceptibilidad de los ácidos grasos insaturados a la oxidación (los dobles enlaces son sitios reactivos en la molécula), cuando la grasa animal es reemplazada parcialmente por el aceite vegetal.

López-López y otros (2010) evaluaron la adición de algas wakame y sustitución parcial y total de grasa de cerdo por una emulsión de aceite de oliva-agua en hamburguesas de carne de vacuno (Control: tratamiento con 10% grasa, PE: tratamiento con 5% grasa y 5% emulsión aceite de oliva-agua, TE: tratamiento con 10% emulsión de aceite de oliva-agua, W: tratamiento con 10% grasa y 3% de algas wakame, WPE: tratamiento con 5% grasa, 5% emulsión de emulsión de aceite-agua y 3% de algas wakame y WTE: tratamiento con 10% emulsión aceite de oliva-agua 3% algas wakame). Las diferencias de los valores de malonaldehído (MDA) en las hamburguesas que contenían la emulsión, aumentaron durante el almacenamiento congelado en un rango de 0.32 y 0.40 mg MDA/kg de muestra, lo que indica desarrollo de la rancidez oxidativa.

La oxidación de lípidos avanza a mayor velocidad en los alimentos con alto contenido de grasa, especialmente aquellos con niveles más altos de ácidos grasos insaturados (Warris, 2010). Los ácidos grasos insaturados

presentes en los productos reaccionan con el oxígeno para formar hidroperóxidos. Éstos son inestables y producen compuestos que producen sabores desagradables, lo que lleva a la formación de un sabor rancio en productos alimenticios (Teye y otros, 2012). Por lo tanto, la mayor desventaja de uso de aceites vegetales en productos cárnicos es el potencial desarrollo de rancidez y con ello la disminución de la vida útil de los mismos (Yildiz-Turp y Serdaroglu, 2008).

Nielsen (2003) mencionan que los índices de peróxidos > 20 meq O_2 / kg corresponden a las grasas y aceites de muy mala calidad. Para los aceites de semilla de soya, los índices de peróxidos de 1-5, 5-10 y >10 meq O_2 / kg corresponden a los niveles de oxidación bajo, medio y alto, respectivamente. Por lo que se podría inferir que las hamburguesas en estudio no eran de mala calidad, pero presentaban un nivel de oxidación alto al ser evaluadas, encontrándose en un rango de 12.12 a 18.91 meq O_2 / kg.

Sin embargo, Nielsen (2003) alude, a la vez, que el método de determinación de índice de peróxidos en alimentos, presenta una desventaja en la obtención de los 5 g requeridos del tamaño de la muestra de grasa o aceite. . Además, Shahidi y Zhong (2005) mencionan que el método escogido de valorizar peróxidos presenta baja sensibilidad y posibles interferencias.

Por lo contrario, en la presente investigación no se contó con otros reactivos para analizar la oxidación con un método de mayor sensibilidad y poder comparar el nivel de oxidación en el producto entre ambos métodos.

En el Cuadro 15, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida denotándose

la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 15. Prueba de Levene para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida

Variable	Estadístico de Levene	p
Índice de peróxidos (meq O ₂ / kg)	1.440	0.238

El Cuadro 16 contiene el análisis de varianza para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida.

Cuadro 16. Análisis de varianza para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg)	Aceite: A	163.781	2	81.890	17254.250	0.000
	Harina: H	1.740	2	0.870	183.296	0.000
	A*H	2.398	4	0.599	126.310	0.000
	Error	0.085	18	0.005		
	Total	168.004	26			

El análisis de varianza muestra que el aceite de Sacha Inchi y la harina de plátano presentaron efecto significativo ($p<0.05$) sobre el índice de peróxidos en hamburguesa cocida.

Selani y otros (2015) aluden que existe diferencia significativa ($p<0.05$) al sustituir grasa por afrecho de piña (congelado y seco) y emulsión de aceite de canola en hamburguesas de carne de vacuno bajas en grasa.

(Convencional, tratamiento con un 20% de grasa; Control bajo en grasa, tratamiento con un 10% de grasa; PA: tratamiento con 10% de grasa y 1.5% de afrecho de piña; CO: tratamiento con 10% de grasa y 5% de aceite de canola ; y PC: tratamiento con un 10% de grasa, 1. 5% de afrecho de piña y 5% de aceite de canola).

López-López y otros (2010) encontraron diferencia significativa ($p<0.05$) en la adición de algas wakame y sustitución parcial y total de grasa de cerdo por una emulsión de aceite de oliva-agua en hamburguesas de carne de vacuno (Control: tratamiento con 10% grasa, PE: tratamiento con 5% grasa y 5% emulsión aceite de oliva-agua, TE: tratamiento con 10% emulsión de aceite de oliva-agua, W: tratamiento con 10% grasa y 3% de algas wakame, WPE: tratamiento con 5% grasa, 5% emulsión de emulsión de aceite-agua y 3% de algas wakame y WTE: tratamiento con 10% emulsión aceite de oliva-agua y 3% algas wakame).

Cuadro 17. Prueba de Duncan para los valores de índice de peróxidos en hamburguesa cocida

Aceite de sacha inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Control		9.12							
5.0	2		12.12						
5.0	6		12.17						
5.0	4		12.21						
7.5	4			15.26					
7.5	2				15.53				
7.5	6					15.71			
10.0	4						17.33		
10.0	6							18.34	
10.0	2								18.91

En el Cuadro 17, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de índice de peróxidos. Donde en el subgrupo 2, se encuentra como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 2%, cuyo valor de índice de peróxidos fue de 12.12 meq O₂/ kg, que es el menor valor de índice de peróxidos. A su vez, en el mismo subgrupo, se aprecia a los tratamientos con aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 4 y 6%, con valores de 12.21 y 12.17 meq O₂/ kg respectivamente, que a su vez, son valores inferiores a los obtenidos por los demás tratamientos.

4.4. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el color en hamburguesa cruda de carne de vacuno

En la Figura 8, se muestran los valores de L* en hamburguesas crudas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se aprecia que un aumento de esta variable, al sustituir grasa de cerdo por aceite de sachá inchi y harina de plátano, fluctuando entre 57.51 y 61.34. Pasando de un color oscuro a un color más claro. Sin embargo, no se observa cambio notorio entre los tratamientos. El tratamiento control muestra un valor de L* de 52.96.

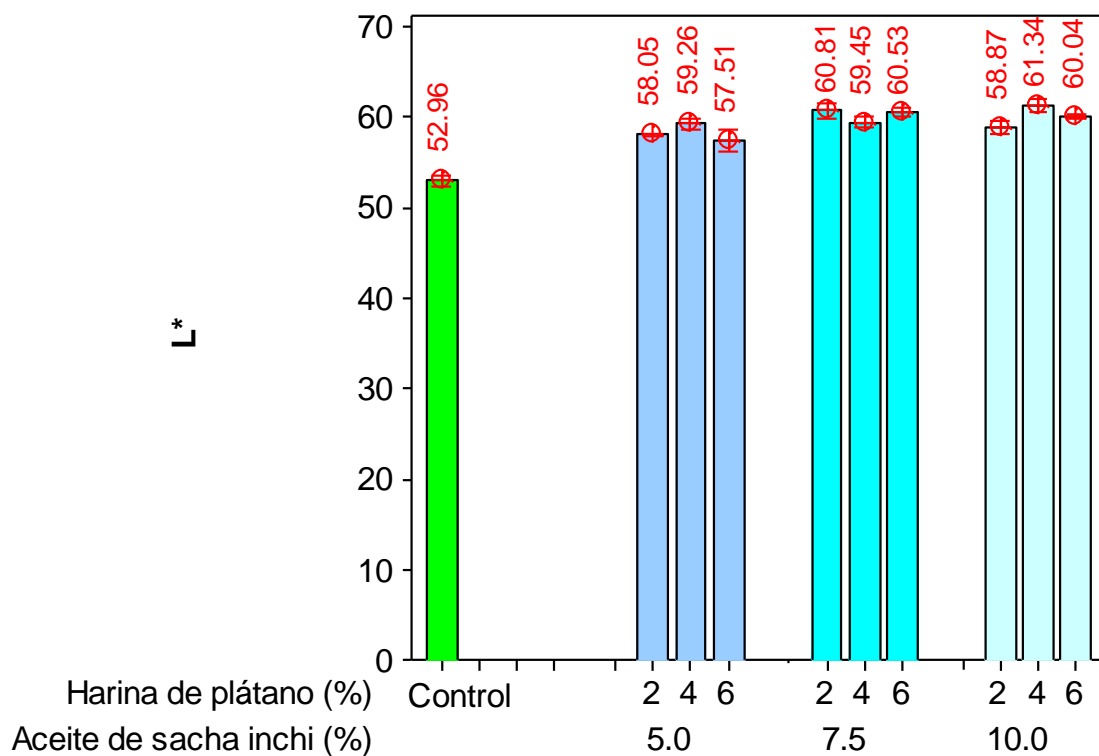


Figura 8. Valores de L* en hamburguesa cruda

Rodríguez-Carpena y otros (2011) evaluaron la sustitución parcial al 50% de grasa de vacuno por aceites vegetales de palta, girasol y oliva en hamburguesas crudas de cerdo, donde mostraron valores de L* de 72.3, 73.9 y 73.3 respectivamente, siendo mayores al valor L* de la hamburguesa control (L* = 68.2). Explican que el fenómeno se debe a que los aceites vegetales se dispersan uniformemente y están mejor distribuidos que la grasa en el producto cárnico.

Youssef y Barbut (2011) aluden que los pequeños glóbulos de aceite reflejan mayor cantidad de luz al ser distribuidos uniformemente en la superficie de un producto cárnico, en comparación a la grasa que presenta glóbulos más grandes y su distribución es heterogénea en el producto.

En la Figura 9, se muestran los resultados hallados para a^* en hamburguesa de carne de vacuno cruda con sustitución de grasa por aceite de sacha inchi y harina de plátano. Se aprecia una disminución de esta variable al aumentar el contenido de aceite de sacha inchi y harina de plátano, fluctuando entre 3.57 y 4.57. A excepción de los tratamientos con aceite de sacha inchi al 6% y harina de plátano al 7.5 y 10% respectivamente, que mostraron valores de a^* superiores al control (4.68 y 4.77 correspondientemente). El tratamiento control muestra un valor de a^* de 4.66.

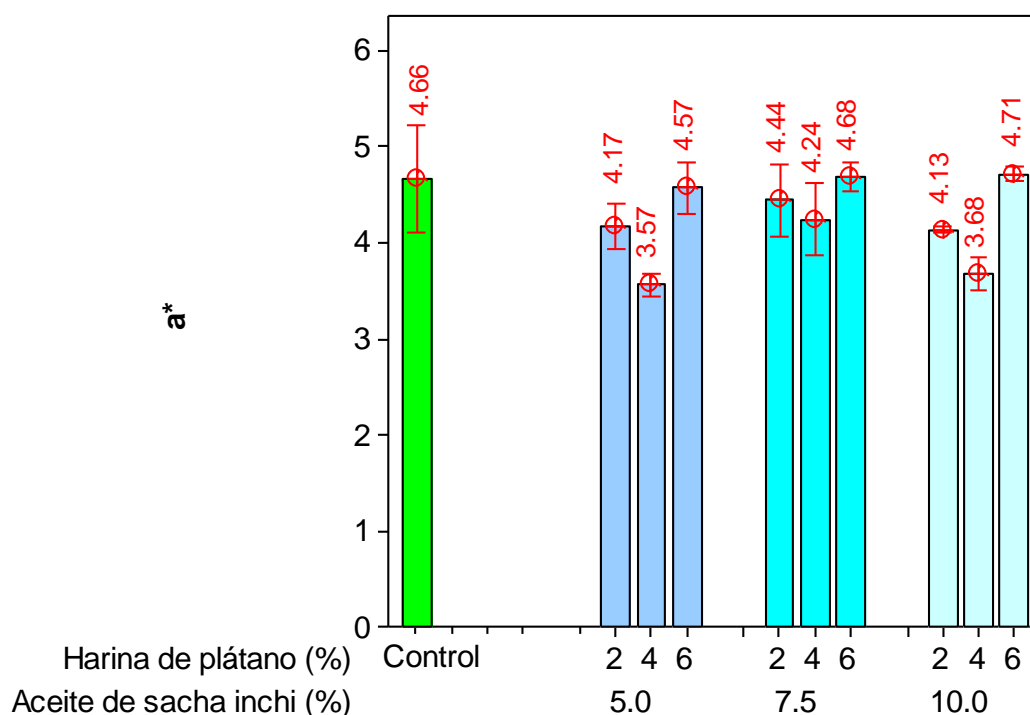


Figura 9. Valores a^* en hamburguesa cruda

Tendencias similares fueron observadas por Rodríguez-Carpena y otros (2011), quienes evaluaron la sustitución parcial al 50% de grasa de vacuno por aceites vegetales de palta, girasol y oliva en hamburguesas

crudas de cerdo, donde mostraron valores de a^* de 8.2, 10.8 y 10.5 respectivamente, siendo el valor a^* de la hamburguesa control mayor a los anteriores ($a^* = 11.9$). La reducción en el valor a^* se debe que a la oxidación de proteínas y lípidos, a su vez explican que se pudo producir por la oxidación de los compuestos como polifenoles, pigmentos y clorofila presente en aceites como el de palta.

Gök y otros (2011) evaluaron la sustitución de grasa por pasta de semillas oleaginosas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesas crudas de carne de vacuno, alcanzando valores de a^* de 16.9, 16.5 y 15.1 respectivamente, mostrándose inferiores al control ($a^* = 17.3$). La sustitución de grasa por semilla de amapola produce la desnaturalización de mioglobina, responsable del color rojo característico de la carne y formación de metamioglobina, disminuyendo la tonalidad roja de a^* .

En la presente investigación, se sustituyó parcialmente grasa por aceite de sachá inchi, que tiene alto contenido de ácidos grasos insaturados, por ello a mayor sustitución, las muestras de hamburguesas presentan mayor tendencia a la oxidación de grasos insaturados y oscurecimiento de la tonalidad roja de a^* . Asimismo, la proteína mioglobina pudo oxidarse y transformarse en metamioglobina, disminuyendo los valores de a^* .

En la Figura 10, se observa que al incrementar el contenido de aceite de sachá inchi, los valores de b^* aumentan en hamburguesa cruda de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano (pasando de tonalidades azules a amarillas), fluctuando entre valores de b^* de 13.02 y 15.87. A excepción del tratamiento con 5% de aceite de sachá inchi y 4% de harina de plátano, cuyo resultado fue de 11.64. Por lo contrario, al incrementar el contenido de harina de plátano, el cambio no es muy notorio entre las formulaciones. El tratamiento control muestra un valor de b^* de 12.09.

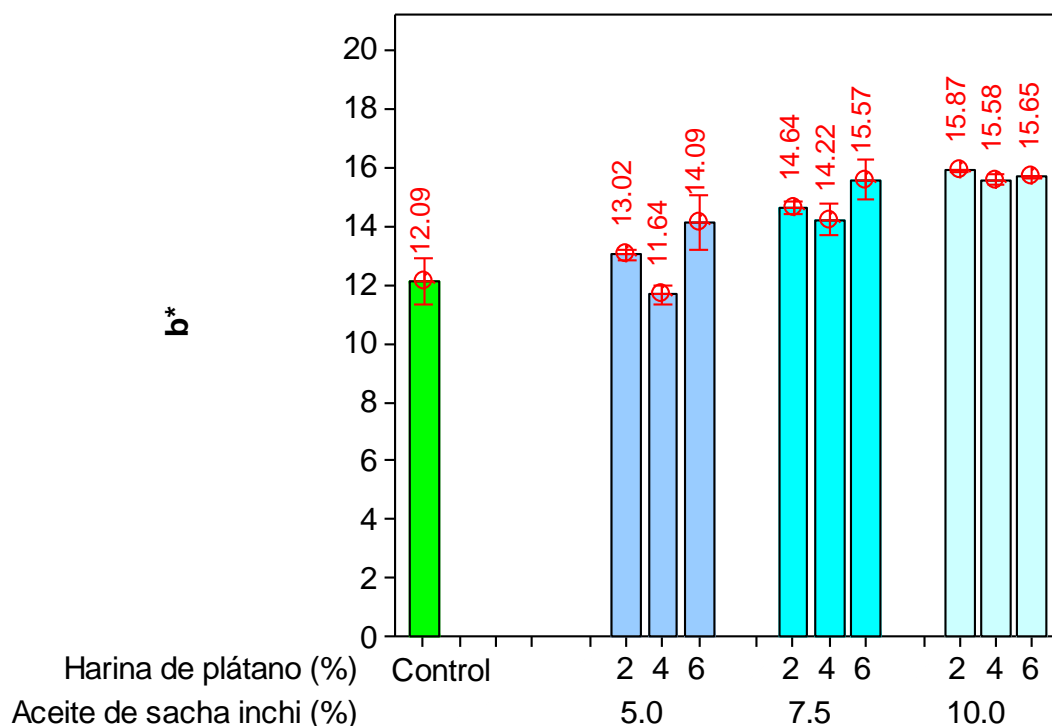


Figura 10. Valores b* en hamburguesa cruda

Gök y otros (2011) evaluaron la sustitución de grasa por pasta de semillas oleaginosas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesas crudas de carne de vacuno, alcanzando valores de b* de 16.4, 17.7 y 19.1 respectivamente, encontrándose mayores al valor control (b* = 15.9). Esto se debe a la alta concentración de pigmento amarillo en la semilla de amapola.

Moongngarm y otros (2014) mencionan que el contenido total de carotenoides en harina de plátano verde se encuentra entre 1054.58 y 939.87 µg /100g a los 75 y 120 días de cosecha respectivamente.

Por lo tanto, podríamos inferir que la tendencia a tonalidades amarillas se deba a la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano verde en las hamburguesas en estudio. Sin embargo, los

resultados obtenidos en la parte experimental, demuestran un aumento de b^* a mayor contenido de aceite de sachá inchi. Por lo que se puede establecer, que si no hubo evidencia de cambio notorio entre tratamientos con respecto al contenido de harina de plátano, se debió a un error del experimentador en la toma de datos.

En el Cuadro 18, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores color L^* , a^* y b^* en hamburguesa cruda denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento para cada variable.

Cuadro 18. Prueba de Levene para los valores de color en hamburguesa cruda

Variable	Estadístico de Levene	p
L^*	0.340	0.950
a^*	0.810	0.610
b^*	0.650	0.746

El Cuadro 19 contiene el análisis de varianza para los valores de color de hamburguesas crudas.

Cuadro 19. Análisis de varianza para los valores de color en hamburguesa cruda

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
L*	Aceite: A	21.862	2	10.931	7.453	0.004
	Harina: H	3.115	2	1.558	1.062	0.366
	A*H	14.014	4	3.503	2.389	0.089
	Error	26.399	18	1.467		
	Total	65.390	26			
a*	Aceite: A	0.634	2	0.317	1.984	0.166
	Harina: H	3.063	2	1.532	9.581	0.001
	A*H	0.368	4	0.092	0.576	0.684
	Error	2.877	18	0.160		
	Total	6.943	26			
b*	Aceite: A	36.342	2	18.171	29.151	0.000
	Harina: H	7.522	2	3.761	6.034	0.010
	A*H	4.503	4	1.126	1.806	0.172
	Error	11.220	18	0.623		
	Total	59.588	26			

El análisis de varianza muestra que sólo el contenido aceite de sachá inchi presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre los valores de L^* . Asimismo, sólo la harina de plátano, presentó evidencia significativa ($p < 0.05$) sobre los valores de a^* . De igual manera, se percibe que tanto el contenido de aceite de sachá inchi y la harina de plátano mostraron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre los valores de b^* en hamburguesas crudas.

Gök y otros (2011) evaluaron la sustitución de grasa por pasta de semillas de amapola en hamburguesas de vacuno crudas, encontrando un efecto

significativo ($p < 0.05$) sobre el valor de color b^* en el mencionado producto cárnico.

Cuadro 20. Prueba de Duncan para los valores de L^* de hamburguesa cruda

Aceite de sachá inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Control		52.96				
5.0	6		57.51			
5.0	2		58.05	58.05		
10.0	2		58.87	58.87	58.87	
5.0	4		59.26	59.26	59.26	59.26
7.5	4		59.45	59.45	59.45	59.45
10.0	6			60.04	60.04	60.04
7.5	6				60.53	60.53
7.5	2				60.81	60.81
10.0	4					61.34

En el Cuadro 20, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de L^* en hamburguesa cruda. Donde en el subgrupo 2, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 2%, ya que presenta su valor de L^* (58.05) es próximo al control. Además en este subgrupo, se encuentran otros valores de L^* cercanos al control, correspondientes a los tratamientos con aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 4 y 6%, con aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 4% y con aceite de sachá inchi al 10% y harina de plátano al 2%, cuyos valores de L^* fueron de 59.26, 57.51, 59.45 y 58.87 respectivamente.

Cuadro 21. Prueba de Duncan para los valores de a^* de hamburguesa cruda

Aceite de sach inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo		
		1	2	3
5.0	4	3.57		
10.0	4	3.68	3.68	
10.0	2	4.13	4.13	4.13
5.0	2	4.17	4.17	4.17
7.5	4	4.24	4.24	4.24
7.5	2	4.44	4.44	4.44
5.0	6		4.57	4.57
Control				4.66
7.5	6			4.68
10.0	6			4.71

En el Cuadro 21, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de a^* en hamburguesa cruda. Donde en el subgrupo 3, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sach inchi al 5% y harina de plátano al 2%, ya que su valor de a^* (4.17) es cercano al control. Además en este subgrupo, se encuentran los mejores valores de a^* , correspondientes a los tratamientos con aceite de sach inchi al 5% y harina de plátano al 6%, con aceite de sach inchi al 7.5% con harina de plátano al 2, 4 y 6% y con aceite de sach inchi al 10% con harina de plátano al 2 y 6%, alcanzando valores de a^* de 4.57, 4.44, 4.24, 4.68, 4.13 y 4.71 respectivamente. Asimismo, el tratamiento control está incluido en este subgrupo con un valor de a^* de 4.66.

Cuadro 22. Prueba de Duncan para los valores de b^* de hamburguesa cruda

Aceite de sacha inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo			
		1	2	3	4
5.0	4	11.64			
Control		12.09			
5.0	2	13.02	13.02		
5.0	6		14.09	14.09	
7.5	4		14.22	14.22	
7.5	2			14.64	14.64
7.5	6			15.57	15.57
10.0	4			15.58	15.58
10.0	6			15.65	15.65
10.0	2				15.87

En el Cuadro 22, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de b^* en hamburguesa cruda. Donde en el subgrupo 1, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sacha inchi al 5% y harina de plátano al 2%, ya su valor de b^* (13.02) es cercano al control. Además en este subgrupo, se encuentra otro valor de b^* próximo al control, correspondiente al tratamiento con aceite de sacha inchi al 5% y harina de plátano al 4%, cuyo valor de b^* fue de 11.64. Asimismo, el tratamiento control está incluido en este subgrupo con un valor de b^* de 12.09.

4.5. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre el color en hamburguesa cocida de carne de vacuno

En la Figura 11, se muestran los valores de L^* en hamburguesas cocidas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se aprecia un incremento de esta variable al aumentar la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi. Sin embargo, al sustituir grasa por harina de plátano, el cambio en b^* no fue muy notorio, los valores oscilaron de 37.58 a 47.94. El tratamiento control presentó un valor de L^* de 34.36.

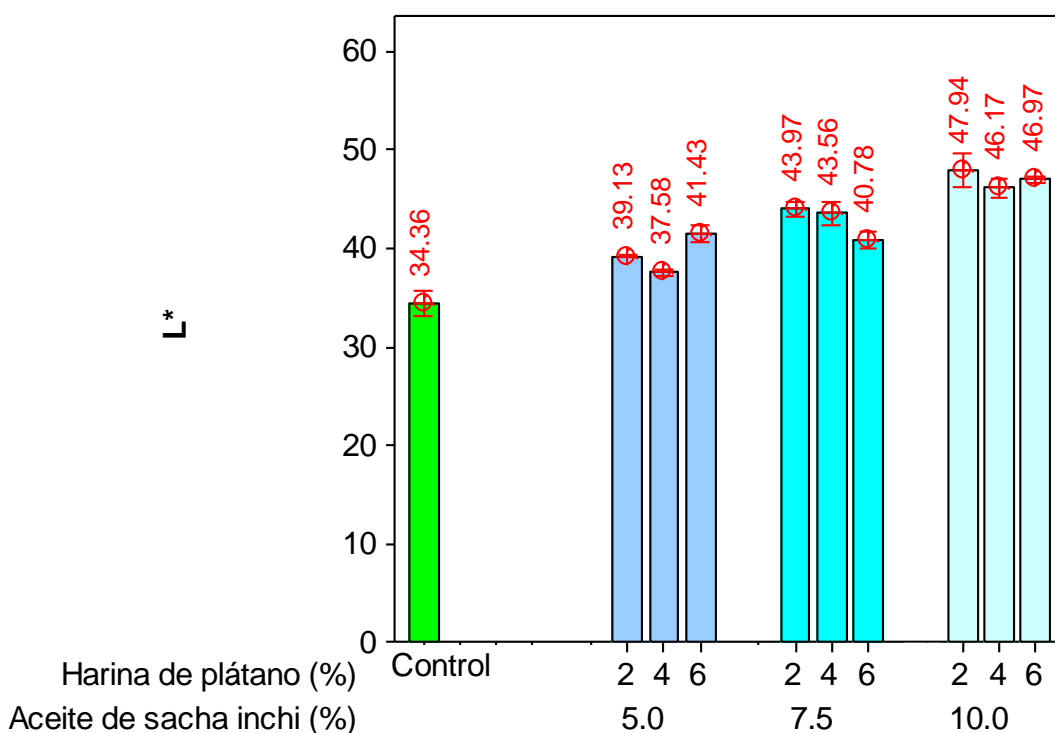


Figura 11. Valores de L^* en hamburguesa cocida

Tendencias similares fueron encontradas por Gök y otros (2011) al analizar la sustitución de grasa por pasta de semillas oleaginosas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesas cocidas de carne de vacuno,

alcanzando valores de L^* de 35.5, 33.1 y 31.3 respectivamente, encontrándose mayores al valor control ($L^* = 33.3$).

Rodríguez-Carpena y otros (2012) evaluaron la sustitución parcial al 50% de grasa de vacuno por aceites vegetales de palta, girasol y oliva en hamburguesas cocidas de cerdo, donde mostraron valores de L^* de 75.63, 77.09 y 76.17 respectivamente, siendo mayores al valor L^* de la hamburguesa control ($L^* = 74.43$). Alude que el aumento del valor de L^* con respecto al control, se deba a la coagulación de las proteínas y la pérdida de humedad que ocurre durante tales procesos tecnológicos.

En la Figura 12, se muestran los valores de a^* de hamburguesas cocidas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se aprecia una disminución de esta variable al aumentar el contenido de aceite de sachá inchi y harina de plátano, oscilando entre los valores de 3.64 y 5.88. El tratamiento control presentó valor de a^* de 6.49.

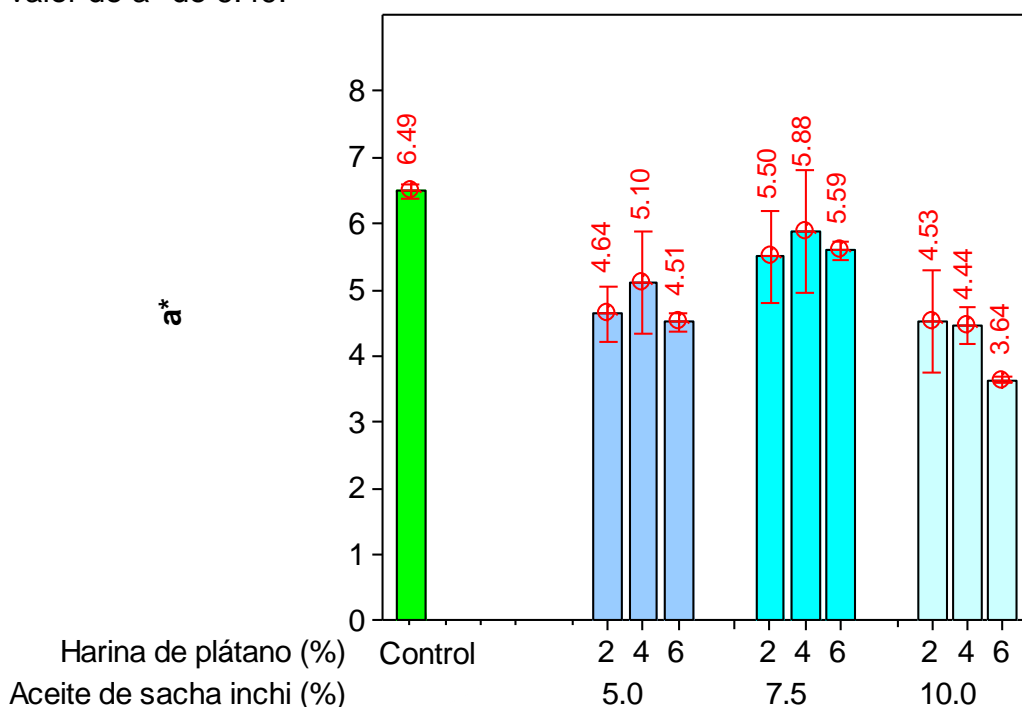


Figura 12. Valores de a^* en hamburguesa cocida

Rodríguez-Carpena y otros (2012) aluden que la cocción disminuye la intensidad del color rojo característico de las carnes hasta un color marrón parduzco, típico de hamburguesas cocidas. Originado principalmente por la desnaturalización de hemoproteínas debido a la alta temperatura de cocción y la formación de productos coloreados de Maillard en el calentamiento.

Rodríguez-Carpena y otros (2012) mencionan a la vez que al evaluar la sustitución parcial al 50% de grasa de vacuno por aceites vegetales de palta, girasol y oliva en hamburguesas cocidas de cerdo, los valores de a^* fueron de 1.58, 2.82 y 2.38 respectivamente, siendo el valor a^* de la hamburguesa control ($a^* = 2.63$). Las hamburguesas con aceite de palta presentaron menores valor de a^* que las del tratamiento control, a excepción a la que contenía aceite de girasol, que presentó un valor de a^* mayor al control.

Gök y otros (2011) evaluaron la sustitución de grasa por pasta de semillas oleaginosas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesas cocidas de carne de vacuno, alcanzando valores de a^* de 14.3, 12.5 y 11.7 respectivamente, encontrándose mayores al valor control ($a^* = 13.2$).

En la Figura 13, se muestran los valores de b^* en hamburguesas cocidas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se aprecia un incremento de la variable al aumentar el contenido de aceite de sachá inchi y harina de plátano, oscilando entre los valores de 11.32 y 17.31. El tratamiento control presentó valor de b^* de 7.69.

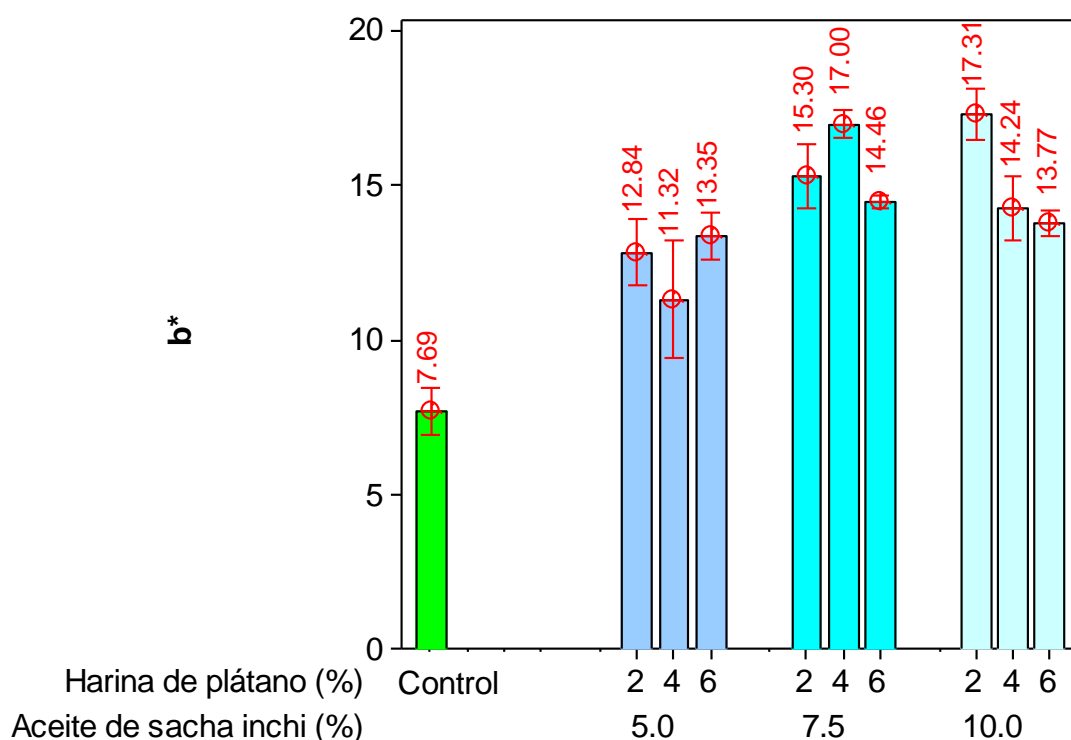


Figura 13. Valores b^* en hamburguesa cocida

Rodríguez-Carpena y otros (2012) evaluaron la sustitución parcial al 50% de grasa de vacuno por aceites vegetales de palta, girasol y oliva en hamburguesas cocidas de cerdo, donde mostraron valores de b^* de 16.37, 13.36 y 14.82 respectivamente, siendo menor el valor b^* de la hamburguesa control ($b^* = 13.45$).

Gök y otros (2011) evaluaron la sustitución de grasa por pasta de semillas oleaginosas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesas cocidas de carne de vacuno, alcanzando valores de b^* de 12.6, 13.7 y 16.7 respectivamente, encontrándose mayores al valor control ($b^* = 11.2$). A mayor sustitución de grasa por pasta de semillas de amapola, mayor valor de b^* en hamburguesas cocidas.

En la presente investigación, la tendencia creciente de los valores de b^* puede deberse a la presencia de matices amarillos que proporciona el aceite de sacha inchi como sustituto de grasa en hamburguesas de carne de vacuno.

En el Cuadro 23, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de color L^* , a^* y b^* en hamburguesa cocida denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 23. Prueba de Levene para los valores de color en hamburguesa cocida

Variable	Estadístico de Levene	p
L^*	0.520	0.843
a^*	0.800	0.624
b^*	0.390	0.928

El Cuadro 24 contiene el análisis de varianza para los valores de color L^* , a^* y b^* en hamburguesa cocida.

Cuadro 24. Análisis de varianza para los valores de color en hamburguesa cocida

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
L*	Aceite: A	264.441	2	132.221	50.954	0.000
	Harina: H	6.938	2	3.469	1.337	0.288
	A*H	38.284	4	9.571	3.688	0.023
	Error	46.708	18	2.595		
	Total	356.371	26			
a*	Aceite: A	9.760	2	4.880	5.243	0.016
	Harina: H	1.421	2	0.711	0.763	0.481
	A*H	0.844	4	0.211	0.227	0.920
	Error	16.754	18	0.931		
	Total	28.780	26			
b*	Aceite: A	49.675	2	24.837	8.687	0.002
	Harina: H	8.159	2	4.079	1.427	0.266
	A*H	30.840	4	7.710	2.697	0.064
	Error	51.462	18	2.859		
	Total	140.136	26			

Para los valores L*, a* y b*, el análisis de varianza muestra que el aceite de sachá inchi presentó efecto significativo ($p < 0.05$) en hamburguesa cocida.

Rodríguez-Carpena y otros (2012) establecieron que la sustitución parcial al 50% de grasa de vacuno por aceites vegetales de palta, girasol y oliva en hamburguesas cocidas de cerdo, tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sólo para los valores de L* y a*.

Gök y otros (2011) determinaron que la sustitución de grasa por pasta de semillas de amapola (25, 50 y 100%) sólo tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre los valores de b* en hamburguesas cocidas de carne de vacuno.

Cuadro 25. Prueba de Duncan para los valores de L* de hamburguesa cocida

Aceite de sacha inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo						
		1	2	3	4	5	6	7
Control		34.36						
5.0	4		37.58					
5.0	2		39.13	39.13				
7.5	6			40.78	40.78			
5.0	6			41.43	41.43	41.43		
7.5	4				43.56	43.56	43.56	
7.5	2					43.97	43.97	
10.0	4						46.17	46.17
10.0	6							46.97
10.0	2							47.94

En el Cuadro 25, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de L* en hamburguesa cocida. Donde en el subgrupo 2, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de aceite de sacha inchi al 5% y harina de plátano al 2%, ya que su valor de L* (39.13) es próximo al control. Además en este subgrupo, se encuentra otro valor de L* cercano al control, correspondiente al tratamiento con aceite de sacha inchi al 5% y harina de plátano al 4 %, cuyo valor de L* fue de 37.58.

Cuadro 26. Prueba de Duncan para los valores de a^* de hamburguesa cocida

Aceite de sachá inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo		
		1	2	3
10.0	6	3.64		
10.0	4	4.44	4.44	
5.0	6	4.51	4.51	
10.0	2	4.53	4.53	
5.0	2	4.64	4.64	
5.0	4	5.10	5.10	5.10
7.5	2		5.50	5.50
7.5	6		5.59	5.59
7.5	4		5.88	5.88
Control				6.49

En el Cuadro 26, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de a^* en hamburguesa cocida. Donde en el subgrupo 3, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 4%, ya que su valor de a^* (5.88) es más próximo al control. Además en este subgrupo, se encuentran otros valores de a^* correspondientes a los tratamientos con aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 4% y con aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 2 y 6%, cuyos valores de a^* fueron de 5.10, 5.50 y 5.59 respectivamente.

Cuadro 27. Prueba de Duncan para los valores de b^* de hamburguesa cocida

Aceite de sachá inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo			
		1	2	3	4
Control		7.69			
5.0	4		11.32		
5.0	2		12.84	12.84	
5.0	6		13.35	13.35	
10.0	6		13.77	13.77	
10.0	4		14.24	14.24	14.24
7.5	6		14.46	14.46	14.46
7.5	2			15.30	15.30
7.5	4				17.00
10.0	2				17.31

En el Cuadro 27, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de b^* en hamburguesa cocida. Donde en el subgrupo 2, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 2%, ya que su valor de b^* (12.84) es cercano al control. Además, en este subgrupo, se encuentran otros valores de b^* cercanos al control, correspondientes a los tratamientos con aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 4 y 6%, con aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 6% y con aceite de sachá inchi al 10% con harina de plátano al 4 y 6%, cuyos valores de b^* fueron de 11.32, 13.35, 14.46, 14.24 y 13.77 respectivamente.

4.6. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre la firmeza en hamburguesa cruda de carne de vacuno

En la Figura 14, se muestran los valores de firmeza en hamburguesas crudas de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se observa una disminución de esta variable al aumentar la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano, fluctuando entre los valores de 0.56 y 0.71 N. El tratamiento control presentó valor de firmeza de 0.76 N.

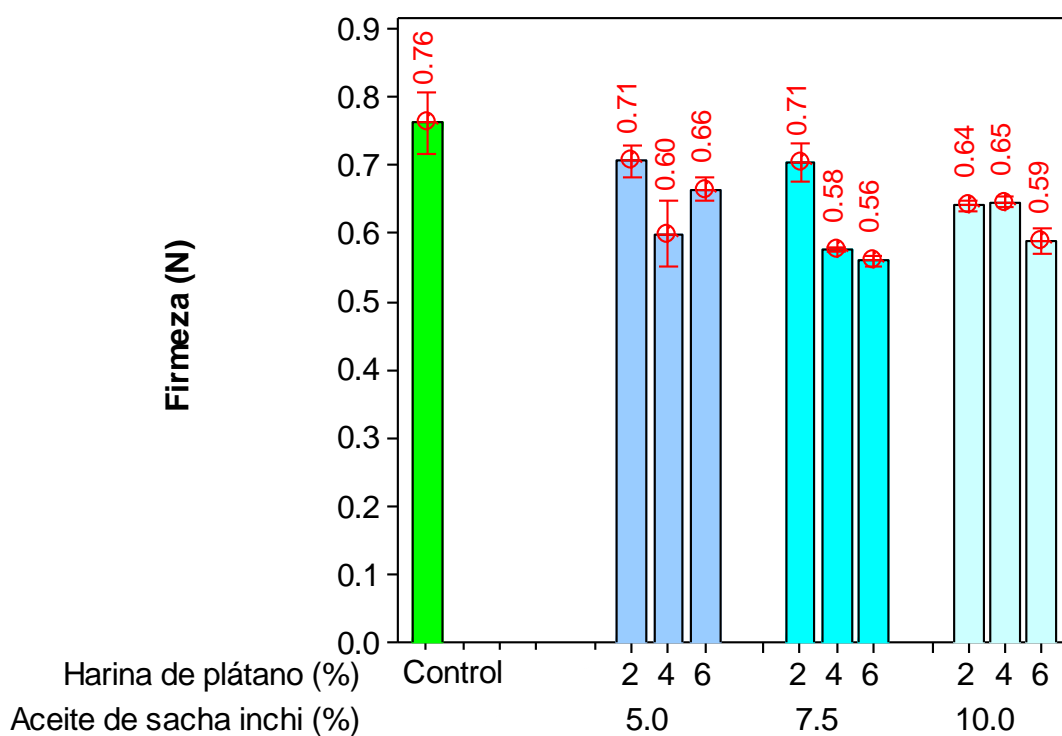


Figura 14. Firmeza en hamburguesa cruda

García y otros (2012) evaluaron la firmeza en hamburguesas crudas de carne de vacuno, en las cuales se sustituyó grasa por harina de quichoncho al 20, 40 y 60%, obteniendo los valores de 1.11, 0.89 y 0.63

kg_f respectivamente. Mostrándose inferiores al valor control (1.22 kg_f), a mayor porcentaje de sustitución de grasa por harina de quichoncho, se ejerció una menor firmeza en hamburguesas crudas. El descenso de esta propiedad física se puede atribuir al aumento de retención de agua, que aporta la mayor concentración de la harina de quichoncho en la formulación.

Por lo tanto, se podría establecer que la firmeza en hamburguesas crudas es menor con respecto a la control, debido a que es la grasa la que proporciona la ligazón característica de la hamburguesa y al ser reemplazada por harina de plátano, ésta aumenta la capacidad de retención de agua en la hamburguesa por el proceso de gelatinización y genera volumen, sin generar una red fibrilar. Asimismo, la firmeza se vio probablemente afectada debido a que, si bien es cierto, se utilizó un molde para que el diámetro de las hamburguesas sea homogéneo, el espesor se determinó de manera manual. A su vez, al realizar el análisis de firmeza, existió un tiempo de espera entre las hamburguesas descongeladas aproximadamente de 5 min por tratamiento.

En el Cuadro 28, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza en hamburguesa cruda denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 28. Prueba de Levene para los valores de firmeza en hamburguesa cruda

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza (N)	1.170	0.362

El Cuadro 29 contiene el análisis de varianza para los valores de firmeza en hamburguesa cruda.

Cuadro 29. Análisis de varianza para los valores de firmeza en hamburguesa cruda

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Firmeza (N)	Aceite: A	0.009	2	0.004	2.950	0.078
	Harina: H	0.036	2	0.018	12.178	0.000
	A*H	0.025	4	0.006	4.158	0.015
	Error	0.027	18	0.001		
	Total	0.097	26			

El análisis de varianza muestra que la harina de plátano, presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza en hamburguesa cruda.

García y otros (2012) encontraron diferencia significativa ($p < 0.05$) al evaluar la firmeza en hamburguesas crudas de carne de vacuno con sustitución de grasa por harina de quichoncho al 20,40 y 60%.

Rodríguez y Galindo (2012) encontraron efecto significativo ($p < 0.05$) de la harina de salvado de arroz (12.5, 25.0 y 50.0%), sobre la textura instrumental, en hamburguesas pre-cocidas.

Cuadro 30. Prueba de Duncan para los valores firmeza en hamburguesa cruda

Aceite de sachá inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
7.5	6	0.56				
7.5	4	0.58	0.58			
10.0	6	0.59	0.59	0.59		
5.0	4	0.60	0.60	0.60		
10.0	2	0.64	0.64	0.64	0.64	
10.0	4		0.65	0.65	0.65	
5.0	6			0.66	0.66	
7.5	2				0.71	0.71
5.0	2				0.71	0.71
Control						0.76

En el Cuadro 30, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de firmeza en hamburguesa cruda. Donde en el subgrupo 5, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi al 5% y harina de plátano al 2%, ya que su valor de firmeza (0.71 N) es el más próximo al control y sería el más eficiente dentro del subgrupo. Por otro lado, en este subgrupo también se encuentra otro valor cercano al control, correspondiente al tratamiento con aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 2%, cuyo valor de firmeza fue de 0.71 N al igual que el seleccionado como mejor tratamiento. Sin embargo, emplea mayor cantidad de aceite de sachá inchi que el mencionado para obtener el mismo resultado.

4.7. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre la firmeza en hamburguesa cocida de carne de vacuno

En la Figura 15, se muestran los valores de firmeza en hamburguesa cocida de carne de vacuno con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Se observa un incremento de la variable en los tratamientos con respecto a la muestra control, fluctuando entre 1.90 y 3.17 N. A excepción del tratamiento con aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 2%, que presenta un valor menor a éste. El tratamiento control presentó valor de firmeza de 2.49 N.

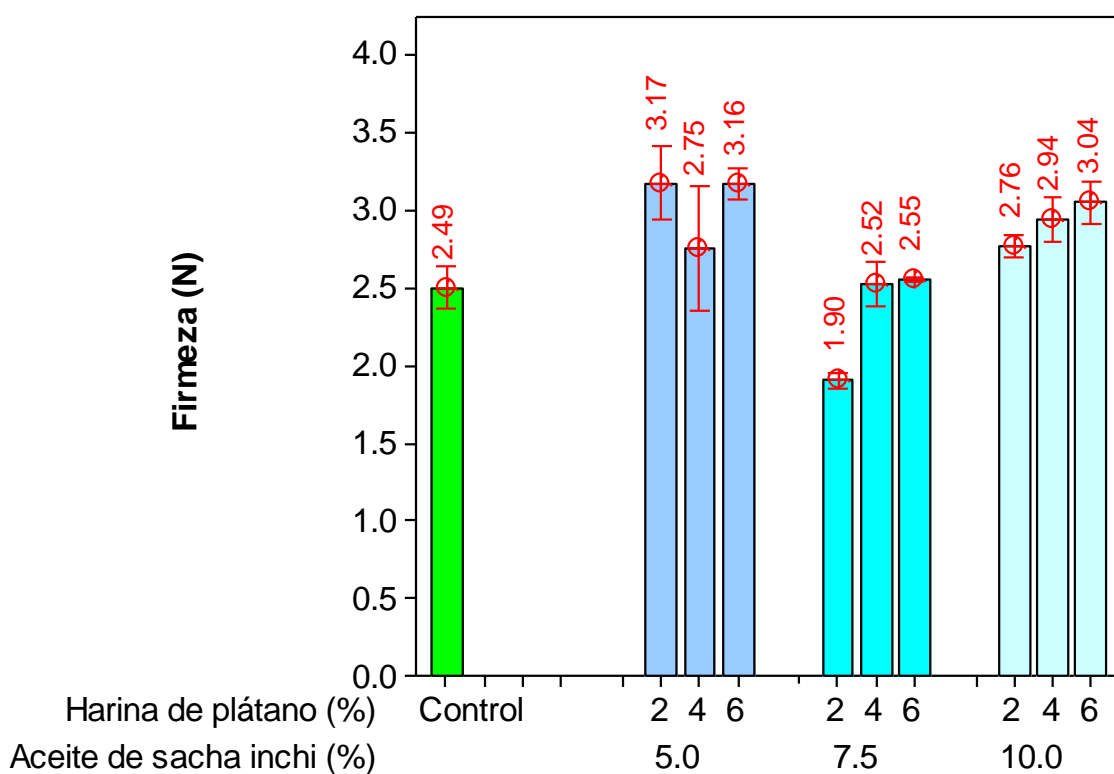


Figura 15. Firmeza en hamburguesa cocida

Selani y otros (2015) evaluaron la firmeza de hamburguesas cocidas de vacuno bajas en grasa con sustitución de grasa por afrecho de piña y emulsión de aceite de canola (Convencional: tratamiento con un 20% de grasa; Control bajo en grasa: tratamiento con un 10% de grasa; PA: tratamiento con 10% de grasa y 1.5% de afrecho de piña; CO: tratamiento con 10% de grasa y 5% de aceite de canola ; y PC: tratamiento con un 10% de grasa, 1. 5% de afrecho de piña y 5% de aceite de canola). Donde se obtuvieron los valores de 129.45, 208.09, 185.37, 204.84 y 194.90 N respectivamente. Notándose que las hamburguesas con aceite de canola (CO y PC), presentaron mayores valores de firmeza que la convencional.

De acuerdo a Youssef y Barbut (2010), cuando se emplea aceite de canola, los glóbulos de grasa formados son más pequeños que los de la grasa animal. Por lo tanto, tienen una mayor superficie de área y se encuentran cubiertos por proteínas, permiten una mayor unión de la matriz cárnica, obteniendo productos más firmes.

En el Cuadro 31, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza en hamburguesa cocida denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 31. Prueba de Levene para los valores de firmeza en hamburguesa cocida

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza (N)	0.920	0.530

El Cuadro 32 contiene el análisis de varianza para los valores de firmeza en hamburguesa cocida.

Cuadro 32. Análisis de varianza para los valores de firmeza en hamburguesa cocida

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Firmeza (N)	Aceite: A	2.579	2	1.290	13.248	0.000
	Harina: H	0.430	2	0.215	2.208	0.139
	A*H	0.848	4	0.212	2.177	0.113
	Error	1.752	18	0.097		
	Total	5.610	26			

El análisis de varianza muestra que el aceite de sachá inchi presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza en hamburguesa cocida.

Selani y otros (2015) determinaron que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) al analizar la firmeza de hamburguesas de vacuno cocidas y bajas en grasa con sustitución de grasa por afrecho de piña y emulsión de aceite de canola (Convencional: tratamiento con un 20% de grasa; Control bajo en grasa: tratamiento con un 10% de grasa; PA: tratamiento con 10% de grasa y 1.5% de afrecho de piña; CO: tratamiento con 10% de grasa y 5% de aceite de canola ; y PC: tratamiento con un 10% de grasa, 1. 5% de afrecho de piña y 5% de aceite de canola).

Cuadro 33. Prueba de Duncan para los valores firmeza en hamburguesa cocida

Aceite de sach inchi (%)	Harina de plátano (%)	Subgrupo		
		1	2	3
7.50	2	1.90		
Control			2.49	
7.5	4		2.52	
7.5	6		2.55	
5.0	4		2.75	2.75
10.0	2		2.76	2.76
10.0	4		2.94	2.94
10.0	6		3.04	3.04
5.0	6			3.16
5.0	2			3.17

En el Cuadro 33, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de firmeza en hamburguesa cocida. Donde en el subgrupo 2, se tiene como mejor tratamiento al de sustitución de grasa por aceite de sach inchi al 10% y harina de plátano al 6%, ya que su valor de firmeza (3.04 N) es cercano al control. Además en este subgrupo, se encuentran otros valores de firmeza cercanos al control, correspondientes a los tratamientos con aceite de sach inchi al 5% y harina de plátano al 4%; con aceite de sach inchi al 7.5% y harina de plátano al 4 y 6%; y con aceite de sach inchi al 10% y harina de plátano al 2 y 4%; cuyos valores de firmeza fueron de 2.75, 2.52, 2.55, 2.76 y 2.94 N respectivamente.

4.8. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano sobre la aceptabilidad general en hamburguesa cocida de carne de vacuno

En la Figura 16, se observa los valores de rango promedio de las calificaciones de aceptabilidad general en hamburguesas elaboradas con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Donde el tratamiento con aceite de sachá inchi al 10% y harina de plátano al 6% presentó mayor rango promedio (6.22) y una moda estadística de 7 puntos, correspondiente a una percepción de “me agrada moderadamente”. Las calificaciones de aceptabilidad general de las hamburguesas de carne vacuno, se encuentran en el Anexo 3.

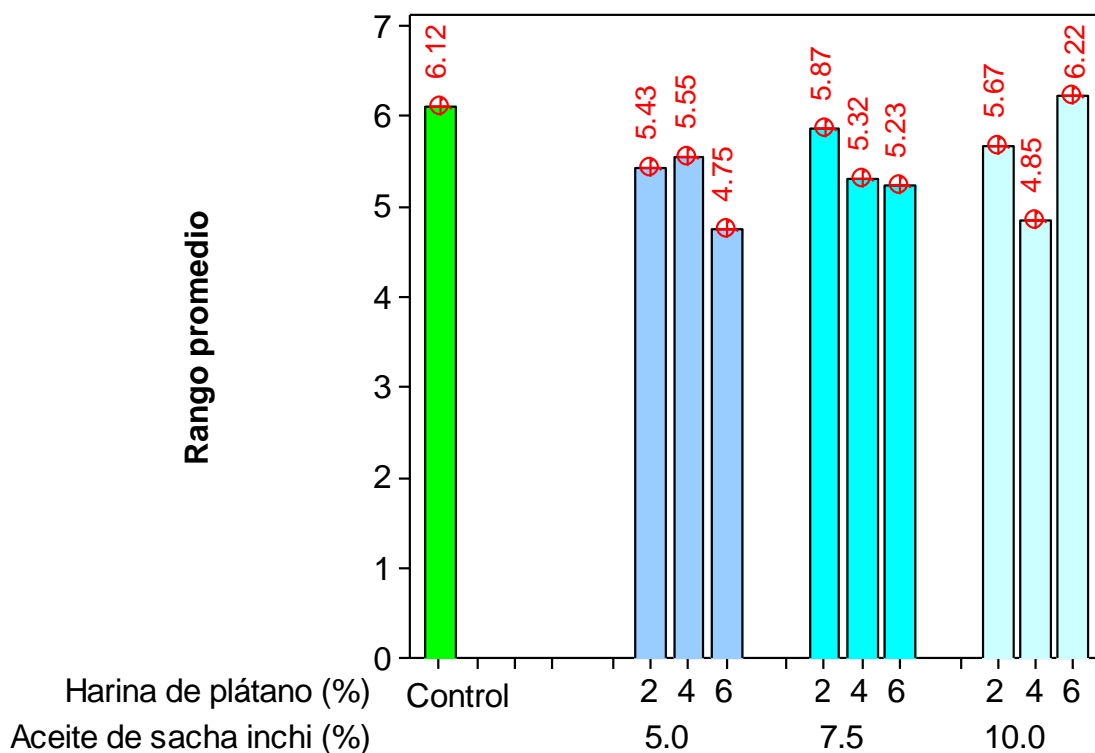


Figura 16. Rango promedio de la prueba de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno

En el Cuadro 34, se presenta la prueba de Friedman, donde no existió evidencia suficiente para determinar diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos en la aceptabilidad general hamburguesas elaboradas con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano. Esta prueba no paramétrica es equivalente a una forma de análisis de varianza (Montgomery, 2002).

Los resultados obtenidos pueden deberse a que al realizar el análisis sensorial de los 10 tratamientos de hamburguesa en un mismo día por falta de disponibilidad de tiempo de los panelistas para poder realizarlo en dos días diferentes, los panelistas probablemente pudieron saturarse y percibir todas las muestras evaluadas como iguales.

Cuadro 34. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en hamburguesa de carne de vacuno

Aceite de sachá inchi (%)	Harina de plátano (%)	Rango promedio	Moda
Control		6.12	7
5.0	2	5.43	7
5.0	4	5.55	8
5.0	6	4.75	7
7.5	2	5.87	6
7.5	4	5.32	7
7.5	6	5.23	8
10.0	2	5.67	7
10.0	4	4.85	8
10.0	6	6.22	7
Chi-cuadrado		7.731	
p		0.561	

Resultados similares fueron encontrados por Al-Abdullah y otros (2012), quienes evaluaron la sustitución de la grasa (50%) por aceite de oliva en hamburguesas de carne de res y pollo, donde mostraron que el aceite de oliva no afecta la aceptabilidad general en ambos tipos de hamburguesas,

ya que no se encontraron diferencias significativas entre las puntuaciones sensoriales de las muestras control y las que contenían aceite de oliva ($p>0.05$).

Selani y otros (2015) evaluaron la sustitución de grasa por aceite de canola y subproductos industriales de mango, piña y maracuyá en hamburguesas de carne de vacuno bajas en grasa. Elaboraron 14 formulaciones: (Convencional: tratamiento con un 20% de grasa); Control bajo en grasa: tratamiento con un 10% de grasa y 12 tratamientos con aceite de canola al 5% y subproductos de piña, maracuyá y mango en cuatro concentraciones (1, 1.5, 2 y 2.5%). Los subproductos fueron congelados y secos. No se observó diferencia significativa ($p>0.05$) en la aceptabilidad general entre las hamburguesas con diferente sustitución de grasa por aceite de canola y subproductos de frutas. Siendo el de mayor aceptabilidad el que presentaba 5% de aceite de canola y 2.5% de subproducto de piña en hamburguesas de carne de vacuno.

Gök y otros (2011) evaluaron la sustitución de grasa por una pasta de semillas oleaginosas de amapola (25, 50 y 100%) en hamburguesas cocidas de carne de vacuno. Al realizar el análisis sensorial, determinaron que la formulación de hamburguesas que contenía 50% de sustitución de grasa por una pasta semillas de amapola obtuvo la calificación más alta dada por panelistas entrenados.

Durante el calentamiento de los productos cárnicos se producen varias reacciones, incluyendo la reacción de Maillard, desnaturalización de las proteínas, oxidación de grasa y pérdida de agua y estas reacciones son responsables del color y el desarrollo de sabor de los productos cocidos (Ospina y otros, 2012).

V. CONCLUSIONES

El efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano es significativo sobre el contenido de grasa e índice de peróxidos en hamburguesa cocida y el valor de color b^* en hamburguesa cruda de carne de vacuno.

El tratamiento con 10% y 6% de sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano, respectivamente, permitió obtener el mayor valor de rendimiento de cocción (96.5%); menor contenido de grasa (14.75%); mejor firmeza (3.04 N), cercana al control (2.49 N); y mayor rango promedio de 6.22 con un valor de moda estadística de 7 (me agrada moderadamente) en hamburguesa cocida de carne de vacuno.

El tratamiento con sustitución de aceite de sachá inchi al 5% y de harina de plátano al 2%, permitió obtener el menor valor de índice de peróxidos (12.12 meq O_2 / kg) en hamburguesa cocida; mejores valores de color L^* , a^* y b^* en hamburguesa cruda (58.05^*L , 4.17^*a y 13.02^*b respectivamente), cercanos al control (52.96^*L , 4.66^*a y 12.09^*b respectivamente); mejores valores de color L^* y b^* (39.13^*L y 12.84^*b) en hamburguesa cocida, cercanos al control (34.36^*L y 7.69^*b respectivamente); y el mejor valor de firmeza (0.71 N) en hamburguesa cruda, valor próximo al control (0.76 N).

El tratamiento con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi al 7.5% y harina de plátano al 4% presentó el mejor valor de color a^* ($5.88 a^*$) en hamburguesa cocida, valor cercano al control ($6.49 a^*$).

VI. RECOMENDACIONES

Efectuar investigaciones en productos cárnicos utilizando diversas mezclas de aceites vegetales (oliva, girasol, ajonjolí, soya o maní) y harinas de fruta (lúcuma, mango o manzana) que permitan reducir el contenido de grasa, aumentar el rendimiento de cocción, reducir índice de peróxidos, mejorar color, firmeza, aceptabilidad general, entre otras variables, con el fin de encontrar la más óptima mezcla de aceite vegetal y harina de fruta que brinde las mejores características al producto cárnico.

Emplear concentraciones de aceite de sachá inchi menores a las propuestas en el presente documento y medir la oxidación lipídica utilizando otros métodos de análisis como: Prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA), determinación de compuestos carbonilos totales y espectrofotometría ultravioleta.

Determinar el tiempo de vida útil de hamburguesas con sustitución de grasa por aceite de sachá inchi y harina de plátano, mediante pruebas aceleradas, teniendo en cuenta como atributo la oxidación del producto a través del tiempo.

Realizar la caracterización del aceite de sachá inchi y harina de plátano para corroborar que cumplan con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana, previamente a la elaboración de las hamburguesas.

Evaluar una menor cantidad de variables dependientes y concentraciones de las mismas para facilitar el mejor análisis de datos y redacción de conclusiones.

Proporcionar al panelista una menor cantidad de muestras a evaluar durante el análisis sensorial en un día, evitando saturarlo al emitir los resultados.

VII. BIBLIOGRAFIA

Ali, R., El-Anany, A. y Gaafar, A. 2011. Effect of potato flakes as fat replacer on quality attributes of low-fat beef patties. Cairo University. Giza, Egypt. Advance Journal of Food Science and Technology 3(3):173-180.

Anzaldúa -Morales. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Araya-Quesada, Y., Morales-Torres, A., Vargas-Aguilar, P. y Wexler, L. 2014. Potencial tecnológico de harina de plátano verde con cáscara (*Mussa AAB*) como sustituto de grasa para geles cárnicos. Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay 9(1).Universidad de Costa Rica .San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.

Bello, L. y Agama, E. 2008.Pasta adicionada con harina de plátano: Digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis para optar el grado de maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, México.

Bochi V., Steffens, C., Silva, L., Emanuelli, T. y Daniel, A. 2006. Fraccionamiento a seco da farinha de aveia e modificacao quimica da fracao rica em amido. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil.

Calero, B. 2013. La cadena de valor del sachu inchi en la región San Martín. Proyecto Perúbiodiverso. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Cárdenas, F. 2009. Estudio del mercado de la cadena de plátano. Ministerio Nacional de Agricultura. Lima, Perú.

Carrasco, H. 2012. Efecto de la sustitución de grasa por salvado de avena sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hamburguesas de pavo (*Meleagris gallopavo gallopavo*) doméstico gigante. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Castilla, L. 2007. Carne de vacuno: análisis sensorial de carne de vacuno, maduración de la carne y características organolépticas. Editorial Artis Pluma. Castilla y León, España.

Chirinos, O., Adachi, L., Calderón, F., Díaz, R., Larrea, L., Mucha, G. y Roque, L. 2009. Exportación de sachu inchi a Estados Unidos. Universidad ESAN. Lima, Perú.

Choi, Y., Park, K., Kim, H., Hwang, K., Song, D., Choi, M., Lee, S., Paik, H. y Kim, C. 2013. Quality characteristics of reduced-fat frankfurters with pork fat replaced by sunflower seed oils and dietary fiber extracted from makgeolli lees. Meat Science. Vol.93: 652-658.

Daniel, A. 2006. Empleo de fibras e amido de aveia (*Avena sativa* L.) modificado em produtos cárneos. Universidad e Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil.

DIGESA. 2003. Dirección General de Salud Ambiental. NTS N° 071- MINSA/DIGESA-V.0.1. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, Perú.

Echeverri, L., Rincón, S., López J. y Restrepo, D. 2004. Un acercamiento al diseño de los productos cárnicos bajos en Grasa - Productos de picado grueso. Revista Facultad Nacional de Agronomía 57(1). Medellín, Colombia.

Franco, I. y Fraguera, C. 2014. Uso de recortes de pavo y pollo para el desarrollo de productos cárnicos funcionales. Revista de Investigación y Desarrollo Tecnológico 10(1). Panamá.

Gallouin, F. y Arvy, M. 2007. Especies, aromatizantes y condimentos. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España.

García, O., Ruiz-Ramírez, J. y Acevedo, I. 2012. Evaluación físicoquímicas de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Zulia, Venezuela.

Gök, V., Akkaya, L., Obuz, E. y Bulut, S. 2011. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. Meat Science. 89(1): 400-404.

Herrera, V. 2011. Influencia de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Herrera, M. y Colonia, L. 2011. Manejo integral del cultivo de plátano. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Hinojosa, J. e Intriago, M. 2012. Evaluación de dos fuentes de carbohidratos y de grasa vegetal en la elaboración de un embutido a base de carne de tilapia negra (*Oreochromis mossambicus*). Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Francisco Morazán, Honduras.

Huamaní, P. y Bautista, E. 2009. Estrategias de comercialización del sachá inchi. Revista Gestión del Tercer Milenio 13 (23). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

INEN. 2010. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE 1338.2: Carne y productos cárnicos-productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos. Quito, Ecuador.

Llempén, D. 2014. Efecto de la sustitución de grasa por harina de cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*) variedad Clementina sobre la firmeza, el color y la aceptabilidad general de la salchicha de pollo tipo Frankfurter. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

López-López, I., Cofrades, S., Yakan, A., Solas, M. y Jiménez-Colmenero, F. 2010. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and

replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. Food Research International 5(43): 1244–1254.

Lorenzini, R. 2005. Diagnóstico ambiental en la elaboración de productos cárnicos y obtención de una propuesta de acuerdo de producción limpia. Consejo Nacional de Producción Limpia - Chile.

MINAG. 2012. Cultivo de sachá inchi. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú.

MINAG. 2014. Compendio Estadístico Perú 2014. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú.

Montero C. 2004. Alimentación y vida saludable. Editorial Universidad Pontificia de Comillas. Madrid, España.

Montgomery, D. 2002. Diseño y análisis de experimentos. 2a edición. Editorial Limusa. México.

Moongngarm, A., Tiboobun, W., Sanpong, M., Sriwong, P., Phiewtong, L., Prakitrum, R. y Huychan, N. 2014. Resistant starch and bioactive contents of unripe banana flour as influence by harvesting periods and its application. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 9 (3): 457-465.

Nielsen, S. 2003. Análisis de los alimentos. Edición nº3. Editorial Acribia. Madrid, España.

Norma mexicana-089-S-1978. 1978. Determinación de extracto etéreo (Método de Soxhlet) en alimentos. Normas Mexicanas.

Dirección General de Normas. Secretaria de Economía. México.

Norma mexicana-Y-331-SCFI-2002. 2002. Alimentos para animales Determinación de índice de peróxidos en alimentos terminados e ingredientes para animales – Método de Prueba. Secretaria de Economía.

Ospina, S., Restrepo, D. y López, J. 2012. Caracterización microbiológica y bromatológica de hamburguesas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro. Revista Facultad Nacional de Agronomía 64(1). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Orozco, A. y Picón, J. 2011. Plan de exportación de harina de plátano de la empresa Brito Vaca Cía. LTDA. Molino El Félix de la Ciudad de Riobamba al mercado de Estados Unidos, Ciudad de Miami FL. Tesis para optar el título de Ingenieros en Comercio Exterior, mención Negocios Internacionales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Piñero, M., Ferrer M., Moreno, L., Leidenz, N., Parra, K. y Barboza, Y. 2004. Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesas de res “bajas en grasas” elaboradas con B-glucano. Revista científica de la Universidad de Zulia 14(6). Maracaibo, Venezuela.

Ramos D., Prieto, B., Salvá, B., Olaya, S., Fernández, D., Caro, I., Romero, M. y González, E. 2009. Manual de elaboración de preparados cárnicos en el departamento de Tumbes, Perú. Editorial Celarayn. Tumbes, Perú.

Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F. y Ganoza, L. 2009. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.

Robles, K. 2007. Harina y productos de plátano. Universidad del Valle. Calí, Colombia.

Rodríguez, V. y Galindo, T. 2012. Evaluación de la sustitución del extendedor por salvado de arroz (*Oryza Sativa*) en la elaboración de una hamburguesa pre-cocida. Universidad de La Salle. Recuperado el 10 de noviembre del 2015 de: http://prezi.com/6peqhh_djc82/evaluacion-de-la-sustitucion-del-extendedor-por-salvado-de-arroz-oryza-sativa-en-la-elaboracion-de-una-hamburguesa-pre-cocida/.

Rodríguez-Carpena, J., Morcuende, D. y Estévez, M. 2012. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. *Meat Science* 90 (1): 106-115.

Sánchez, T. 2003. Procesos de elaboración de alimentos y bebidas. Editorial Mundi Prensa Libros. Madrid - España.

Serdaroglu, M., Gülen de Y, T. y Kiyalbelk, A. 2005. Quality of low-fat meatballs containing legume flours as extenders. *Meat Science*. 70(1) : 99-105.

Selani, M., Shirado, G., Margiotta, G., Rasera, M., Marabesi, A., Piedade, S., Contreras-Castillo, C. y Caniatti-Brazaca, S.

2015. Pineapple by-product and canola oil as partial fat replacers in low-fat beef burger: Effects on oxidative stability, cholesterol content and fatty acid profile. *Meat Science* 115 (1) : 9-15.

Selani, M., Margiotta, G., De S. Piedade, S., Contreras-Castillo, C. y Canniatti-Brazaca, S. 2015. Physicochemical, sensory and cooking properties of low fat beef burgers with addition of fruit byproducts and canola oil. *International Conference on Biomedical Engineering and Technology*. Singapore.

Shahidi, F. y Zhong, Y. 2005. *Lipid Oxidation: Measurement Methods*. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Memorial University of Newfoundland. Canadá.

Steffens, C., Silva L., Emanuelli T. y Daniel A. 2007. Oat bran as a fat substitute in beef burgers. *Universidade Federal de Santa Maria*. Rio Grande do Sul, Brasil.

Tellegen, B. 2003. *Manual técnico: Criterios técnicos de producción de las industrias cárnicas, maquinarias y producción de embutidos*. Instituto de Producción Audiovisual para la capacitación de la pequeña y microempresa. Consultado el 05 de Junio del 2015. Disponible en la siguiente página web: <https://es.scribd.com/doc/38314503/MORTADELA-JAMONADA>.

Teye, G., Teye, M. y Boamah, G. 2012. The effect of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour as an extender on the physical-chemical properties of beef and ham burgers. *African Journal of*

food, agriculture, nutrition and development 12 (7). Nairobi, Kenia.

Totosaus, A. 2007. Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. Revista Nacameh 1(1): 53-66. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.

Warriss, P. 2010. Meat Science, An Introductory Text. Edition nº 2. Wallingford, United Kingdom.

Yildiz-Turp, G., y Serdaroglu, M. 2008. Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk – A Turkish fermented sausage. Meat Science 78(4): 447–454.

Youssef, M. y Barbut, S. 2010. Physicochemical effects of the lipid phase and protein level on meat emulsion stability, texture, and microstructure. Journal of Food Science 75(2): S108–S114.

Youssef, M., y Barbut, S. 2011. Fat reduction in comminuted meat products-Effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. Meat Science 87(4): 356–360.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Datos experimentales de color y firmeza en hamburguesas de carne de vacuno crudas.

Aceite de sachachi (%)	Harina de plátano (%)	Repetición	Variables			
			Color			Firmeza (N)
			L*	a*	b*	
Control		R1	52.47	4.36	10.88	0.68
		R2	52.18	5.73	13.53	0.83
		R3	54.24	3.90	11.85	0.77
		Promedio	52.96	4.66	12.09	0.76
5	2	R1	57.82	4.42	13.22	0.66
		R2	58.30	4.41	12.70	0.75
		R3	58.03	3.69	13.13	0.71
		Promedio	58.05	4.17	13.02	0.71
	4	R1	58.18	3.69	11.14	0.69
		R2	59.51	3.68	12.24	0.59
		R3	60.10	3.33	11.56	0.52
		Promedio	59.26	3.57	11.64	0.60
	6	R1	55.04	5.07	15.98	0.67
		R2	58.40	4.48	13.11	0.69
		R3	59.08	4.16	13.19	0.63
		Promedio	57.51	4.57	14.09	0.66
7.5	2	R1	62.49	3.73	14.22	0.67
		R2	59.77	5.02	14.83	0.68
		R3	60.19	4.59	14.86	0.76
		Promedio	60.81	4.44	14.64	0.71
	4	R1	59.83	3.65	13.58	0.58
		R2	60.36	4.18	15.34	0.58
		R3	58.15	4.91	13.74	0.57
		Promedio	59.45	4.24	14.22	0.58
	6	R1	60.64	4.45	14.77	0.56
		R2	61.35	4.64	15.04	0.57
		R3	59.61	4.96	16.89	0.55
		Promedio	60.53	4.68	15.57	0.56

Continúa...

Anexo 1... continúa

10	2	R1	60.11	4.08	15.75	0.65
		R2	58.48	4.12	15.89	0.62
		R3	58.02	4.20	15.97	0.65
		Promedio	58.87	4.13	15.87	0.64
	4	R1	62.31	3.44	15.16	0.63
		R2	59.81	4.00	15.73	0.66
		R3	61.91	3.60	15.84	0.65
		Promedio	61.34	3.68	15.58	0.65
	6	R1	59.59	4.57	15.66	0.62
		R2	60.58	4.83	15.67	0.56
		R3	59.96	4.75	15.64	0.58
		Promedio	60.04	4.71	15.65	0.59

Anexo 2. Datos experimentales de contenido de grasa, rendimiento de cocción, índice de peróxidos y firmeza en hamburguesas de carne de vacuno cocidas

Aceite de sachachi (%)	Harina de plátano (%)	Repetición	Variables			
			Grasa (%)	Rendimiento de cocción (%)	Índice peróxidos (meq-O ₂ /kg)	Firmeza (N)
Control		R1	18.61	70.97	9.02	2.65
		R2	19.76	72.36	9.20	2.22
		R3	18.40	74.60	9.15	2.61
		Promedio	18.92	72.65	9.12	2.49
5	2	R1	17.40	94.12	12.15	2.95
		R2	18.10	89.55	12.10	2.91
		R3	17.30	92.58	12.12	3.65
		Promedio	17.60	92.08	12.12	3.17
	4	R1	17.25	89.71	12.21	3.37
		R2	17.00	95.45	12.20	2.87
		R3	17.90	93.85	12.22	2.00
		Promedio	17.38	93.00	12.21	2.75
	6	R1	17.10	88.57	12.18	3.35
		R2	17.40	92.65	12.15	3.13
		R3	17.20	90.45	12.19	3.01
		Promedio	17.23	90.56	12.17	3.16
7.5	2	R1	16.90	94.44	15.56	1.86
		R2	16.85	93.15	15.53	2.00
		R3	16.54	93.80	15.50	1.84
		Promedio	16.76	93.80	15.53	1.90
	4	R1	16.70	94.20	15.24	2.76
		R2	16.55	94.20	15.29	2.55
		R3	16.87	94.15	15.25	2.26
		Promedio	16.71	94.19	15.26	2.52
	6	R1	16.30	94.03	15.67	2.53
		R2	16.22	94.12	15.70	2.54
		R3	16.54	94.10	15.75	2.57
		Promedio	16.35	94.08	15.71	2.55

Continúa...

Anexo 2... continúa

10	2	R1	16.54	94.20	18.97	2.80
		R2	16.50	92.75	18.85	2.86
		R3	16.48	93.76	18.90	2.63
		Promedio	16.51	93.57	18.91	2.76
	4	R1	15.98	95.89	17.34	2.97
		R2	15.78	95.83	17.45	3.18
		R3	15.59	95.85	17.20	2.67
		Promedio	15.78	95.86	17.33	2.94
	6	R1	14.73	98.55	18.48	3.19
		R2	14.62	94.12	18.20	3.15
		R3	14.89	96.87	18.33	2.79
		Promedio	14.75	96.51	18.34	3.04

Anexo 3. Datos experimentales de color en hamburguesas de carne de vacuno cocidas

Aceite de sacha inchi (%)	Harina de plátano (%)	Repetición	Color		
			L*	a*	b*
Control		R1	32.65	6.54	7.17
		R2	36.69	6.64	9.20
		R3	33.74	6.30	6.71
		Promedio	34.36	6.49	7.69
5	2	R1	39.33	5.42	10.82
		R2	39.15	4.50	13.27
		R3	38.91	4.00	14.44
		Promedio	39.13	4.64	12.84
	4	R1	38.20	6.37	9.13
		R2	37.29	5.22	15.07
		R3	37.25	3.72	9.75
		Promedio	37.58	5.10	11.32
	6	R1	42.91	4.56	12.80
		R2	41.49	4.26	14.83
		R3	39.88	4.72	12.41
		Promedio	41.43	4.51	13.35
7.5	2	R1	45.37	4.33	13.29
		R2	43.81	5.44	15.78
		R3	42.72	6.74	16.85
		Promedio	43.97	5.50	15.30
	4	R1	41.38	7.72	17.22
		R2	43.64	5.06	16.10
		R3	45.66	4.88	17.69
		Promedio	43.56	5.88	17.00
	6	R1	39.18	5.66	14.38
		R2	41.05	5.80	14.84
		R3	42.11	5.33	14.17
		Promedio	40.78	5.59	14.46

Continúa...

Anexo 3...continúa

10	2	R1	49.84	4.02	18.02
		R2	49.52	3.53	15.63
		R3	44.47	6.04	18.30
		Promedio	47.94	4.53	17.31
	4	R1	45.02	4.78	12.18
		R2	48.14	3.89	15.16
		R3	45.36	4.66	15.39
		Promedio	46.17	4.44	14.24
	6	R1	46.48	3.65	14.17
		R2	47.31	3.53	12.96
		R3	47.11	3.73	14.18
		Promedio	46.97	3.64	13.77

Anexo 4. Aceptabilidad general de las hamburguesas de carne de vacuno

Aceite de sachá inchi (%)	Control	5.0			7.5			10.0		
Harina de plátano (%)		2	4	6	2	4	6	2	4	6
Panelistas										
1	7	6	7	8	8	6	7	9	8	9
2	7	6	5	6	6	7	8	7	7	8
3	7	8	8	6	7	8	9	9	8	7
4	8	6	7	8	7	8	7	8	4	9
5	7	7	6	7	8	7	8	6	8	6
6	8	8	9	7	9	7	8	8	6	8
7	8	9	6	7	6	9	8	9	9	7
8	7	8	5	4	6	7	8	8	7	6
9	2	4	1	5	5	2	2	3	1	3
10	8	6	5	7	7	8	5	4	6	7
11	7	4	3	5	8	8	6	4	7	8
12	8	9	6	7	6	5	8	6	8	7
13	7	2	3	1	4	5	5	3	4	2
14	5	6	6	7	7	6	5	7	5	7
15	6	6	8	6	8	6	4	6	5	5
16	6	7	8	5	6	5	4	7	4	4
17	8	7	8	6	8	7	5	8	8	9
18	6	7	8	6	9	7	8	8	5	9
19	7	8	7	7	5	4	4	5	3	8
20	8	7	8	7	6	8	7	7	8	8
21	8	7	8	7	6	8	7	7	8	8
22	6	6	7	7	6	7	8	7	8	8
23	9	8	8	7	6	6	7	7	7	7
24	7	8	9	6	5	4	6	6	3	7
25	7	8	7	7	8	9	6	6	8	7
26	8	7	7	9	9	4	9	7	7	8
27	7	4	6	8	8	5	7	6	4	5
28	6	5	7	4	7	7	6	6	6	7
29	6	7	6	6	4	5	6	7	5	3
30	7	7	8	5	8	7	6	7	7	7
Moda	7	7	8	7	6	7	8	7	8	7

Anexo 5. Fotografías de la preparación y análisis fisicoquímico de hamburguesa de carne de vacuno



Figura A. Moldeo de hamburguesa



Figura B. Formado de hamburguesa



Figura C. Envasado de hamburguesas



Figura D . Fritura de hamburguesa



Figura E. Análisis de textura instrumental en hamburguesa



Figura F . Análisis de color instrumental en hamburguesa

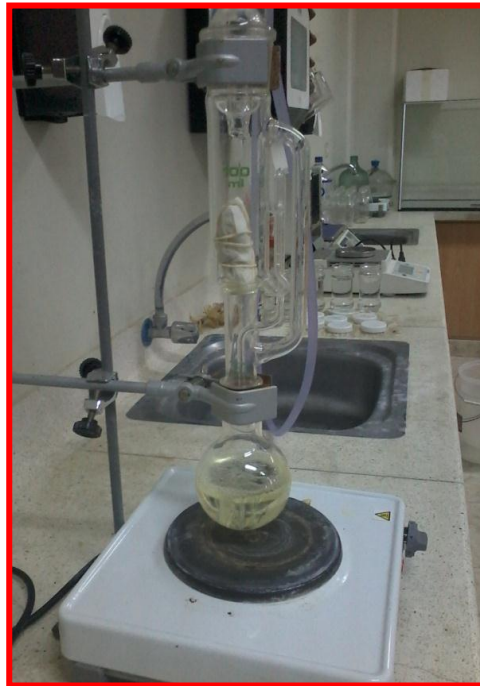


Figura G . Análisis de determinación de contenido de grasa en hamburguesa



Figura H . Análisis de determinación de índice de peróxidos